

**Sedimentpetrographische und gefügekundliche Untersuchungen
in jungtertiären Schottern der ostniederbayerischen Molasse
(Südlicher Vollsotter und Hangendserie)**

Charles K. Lunt

1964



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548301_0001

Sedimentpetrographische und gefügekundliche Untersuchungen
in jungtertiären Schottern der ostniederbayerischen Molasse
(Südlicher Vollschotter und Hangendserie).

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
der
Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät
der
Ludwig-Maximilians-Universität
zu
München

vorgelegt
von
Charles K. Lunt
aus
Ipswich, Massachusetts, U.S.A.

München 1964



1. Berichterstatter: Professor Dr. F. NUUMAIER
 2. Berichterstatter: Professor Dr.-Ing. A. MAUCHER
- Tag der mündlichen Prüfung: 27.5.1964

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
VORWORT	
I. Einleitung	1
A. Problemstellung	1
B. Das Arbeitsgebiet	2
C. Definition des Gefüges	3
D. Die Geländearbeit	4
1. Die Gefügemessungen	5
a) Orientierung der Gerölle	5
b) Einmessung der Schichten	6
b1) Fluviale Schichten	6
b2) Schichten der Stillwasserablagerungen	8
c) Die Meßgenauigkeit des Verfahrens	8
2. Die Felduntersuchung der Stoffeigenschaften	9
a) Korngrößenverteilung	9
a1) Mittlere Korngrößen	10
a2) Sandzwischenmittel	10
a3) Verhältnis von Kies zu Sandzwischenmittel	10
b) Maximale Geröllgrößen	10
c) Korneigenschaften	11
c1) Geröllform	11
c2) Geröllrundung	11
E. Betrachtung über die Voraussetzungen für die Gefügeanalyse eines klastischen Sediments	12
II. Gefügeuntersuchungen in rezenten Schottern	13
A. Darstellung der Gefügemessungen	14
B. Die Salzach	15
1. Transportkraft und Ablagerungsbedingungen	15
2. Die maximalen Geröllgrößen	18
3. Die Gefügemessungen (Tafel 1, Diagramm a-d)	18
a) Orientierung der Gerölle	18
a1) Die A-Achsen (Diagramm 1a)	18
a2) Die Abhängigkeit der Orientierung der A-Achsen von den Geröllgrößen (Diagr. 1c)	19
a3) Die AB-Ebenen (Diagramm 1b)	20
a4) Die Abhängigkeit der Orientierung der AB-Ebenen von den Geröllgrößen (Diagr. 1d)	21

	Seite
b) Die Horizontalschichtung (Diagramm 1e)	21
4. Die Deutung der Diagramme	22
a) Die A-Achsen (Diagramm 1a und 1c)	22
b) Die AB-Ebenen (Diagramm 1b und 1d)	24
c) Die Horizontalschichtung (Diagramm 1e)	24
C. Die Isen	25
1. Transportkraft und Ablagerungsbedingungen	25
2. Die maximalen Geröllgrößen	26
3. Die Gefügemessungen (Tafel 2, Diagramm a-d)	26
a) Orientierung der Gerölle	26
a1) Die A-Achsen (Diagramm 2a)	26
a2) Die Abhängigkeit der Orientierung der A-Achsen von den Geröllgrößen (Diagr.2c)	27
a3) Die AB-Ebenen (Diagramm 2b)	28
a4) Die Abhängigkeit der Orientierung der AB-Ebenen von den Geröllgrößen (Diagr.2d)	28
4. Die Deutung der Diagramme	29
a) Die A-Achsen (Diagramm 2a und 2c)	29
b) Die AB-Ebenen (Diagramm 2b und 2d)	30
III. Gefügeuntersuchungen in dem Südlichen Vollschocter und der Hangendserie	31
A. Alter und Ausbildung	31
B. Tektonik	32
C. Die Stoffeigenschaften	35
1. Die Korngrößenverteilung	36
a) Der Kiesanteil	36
a1) Korngrößenverteilung	36
a2) Die mittleren Korngrößen	39
a3) Die Sortierung	42
b) Der Sandanteil	43
b1) Die Korngrößenverteilung	43
b2) Die Sortierung	45
2. Das Verhältnis von Kies zum Sandzwischenmittel	45
3. Die maximalen Geröllgrößen	48
4. Die Korneigenschaften	50
a) Die Geröllform	50
b) Die Abrundung	52
5. Die Auswertung der Untersuchung der Stoffeigenschaften	55
D. Bestimmung der Schüttungsrichtung	56
1. Allgemeines	56

	Seite
2. Entstehung der Gefügeelemente	57
a) Die Geröllorientierung	57
b) Die Horizontalschichtung	58
c) Die Kreuzschichtung	59
3. Beispiele zur Auswertung von Gefügediagrammen	60
a) Aufschluß Nr.3 - SVS (Tafel 3, Diagramm a-d)	60
a1) Aufschlußbeschreibung	60
a2) Die A-Achsen (Diagramm 3a)	60
a3) Die AB-Ebenen (Diagramm 3b)	61
a4) Die Horizontalschichtung (Diagramm 3c)	62
a5) Die Kreuzschichtung (Diagramm 3d)	62
a6) Die Sedimentationsbedingungen	63
b) Aufschluß Nr.6 - SVS (Tafel 4, Diagramm a-c)	63
b1) Aufschlußbeschreibung	63
b2) Die A-Achsen (Diagramm 4a)	64
b3) Die AB-Ebenen (Diagramm 4b)	64
b4) Die Horizontalschichtung (Diagramm 4c)	64
b5) Die Sedimentationsbedingungen	65
c) Aufschluß Nr.13 - HGS (Tafel 5, Diag. a-d)	65
c1) Aufschlußbeschreibung	65
c2) Die A-Achsen (Diagramm 5a)	66
c3) Die AB-Ebenen (Diagramm 5b)	66
c4) Die Horizontalschichtung (Diagramm 5c)	66
c5) Die Kreuzschichtung (Diagramm 5d)	67
c6) Die Sedimentationsbedingungen	67
d) Aufschluß Nr.18 - HGS (Tafel 6, Diag. a-c)	68
d1) Aufschlußbeschreibung	68
d2) Die A-Achsen (Diagramm 6a)	68
d3) Die AB-Ebenen (Diagramm 6b)	69
d4) Die Horizontalschichtung (Diagramm 6c)	69
d5) Die Sedimentationsbedingungen	70
e) Aufschluß Nr.17 - HGS (Tafel 7, Diagramm a)	70
e1) Aufschlußbeschreibung	70
e2) Die Kreuzschichtung (Diagramm 7a)	70
e3) Die Sedimentationsbedingungen	71
4. Die Auswertung der Gefügediagramme des gesamten Gebietes	71
a) Die Geröllorientierung	73
a1) Die Abhängigkeit der Geröllorientierung von den Stoffeigenschaften	74
b) Die Schichtorientierung	76
E. Vergleich über die Schüttungsrichtung des SVS und der HGS	76
1. Allgemeines	76
2. Unterschiede der Geröllorientierung des SVS und der HGS	77
3. Die Schüttungsrichtung des SVS und der HGS	80

	Seite
4. Die Schüttungsbedingungen für den SVS und die HGS	82
F. Schlußfolgerung	84
IV. Zusammenfassung	85
ANHANG	
Aufschlußverzeichnis	90
Literaturverzeichnis	91

VORWORT

Die vorliegende Arbeit enthält die Ergebnisse der statistischen und gefügeanalytischen Untersuchungen in den fluviatilen Schottern der tertiären Oberen Süßwassermolasse in Niederbayern und Oberösterreich. Besondere Beachtung galt der Darstellung der Lagerungsverhältnisse von zwei ähnlich ausgebildeten Schottereinheiten, sowie der Feststellung über welchen Weg und unter welchen Transportbedingungen das Material in das niederbayerische Molassebecken geliefert wurde.

Meinem sehr verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. F. KENTHALER, der mir den ersten Einblick in die geologischen Verhältnisse Niederbayerns vermittelte, und der mich stets und besonders während dieser Arbeit durch seinen freundlichen und wertvollen Rat unterstützte, möchte ich an dieser Stelle ganz besonders danken.

Herrn Professor Dr.-Ing. A. MAUCHER schulde ich für die Bereitstellung aller benötigten Arbeitsgeräte meinen aufrichtigen Dank.

Herrn Privatdozent Dr. H.-J. SCHNEIDER und Herrn Dr. W.-D. GRIMM danke ich für ihre wertvollen Auskünfte und Hinweise, die sie mir für meine Arbeit gaben.

Herrn Dr. K. SUTLER möchte ich auch an dieser Stelle besonders für sein großes Interesse in dem Fortgang dieser Arbeit, für seine wertvollen Ratschläge und gute Kameradschaft herzlich danken.

Herrn Regierungsbaudirektor F. BAUER bei der Bayer. Landesstelle für Gewässerkunde bin ich für die freundliche Auskunft über Flußdaten sehr dankbar.

I. Einleitung

A. Problemstellung

Die bisherigen Untersuchungen im Südlichen Vollschotter und in der Hangendserie, den jüngsten Schichtgliedern der Oberen Süßwassermolasse Niederbayerns, erstreckten sich hauptsächlich auf Spezialkartierungen und feldgeologische Arbeiten. Obwohl die beiden Schichtglieder zum größten Teil unterschiedliche Körnung zeigen, erkannten E. BLISSENBACH (1957), W.-D. GRIMM (1957) und J. STIEFEL (1957), daß sie zu ein und demselben Schüttungszyklus gehören. H. GRAUL (1939) wiederum wies durch petrographische Untersuchungen für beide Schotter eine alpine Herkunft nach. Dies wurde von GRIMM (1957) durch Schwermineralanalyse bestätigt. Zwischen dem Südlichen Vollschotter und der Hangendserie aber konnte auf Grund des petrographischen Bestandes kein Unterschied festgestellt werden.

Nur in einigen vereinzeltten Bereichen des Verbreitungsraumes war die Sedimentationsunterbrechung so deutlich, daß man eine sichere Grenze zwischen dem Vollschotter und der Hangendserie ziehen konnte, (G. BLÜMEL, 1962 und C. K. LUNT, 1961). Im allgemeinen aber ist eine stratigraphische Trennung der beiden Schichtglieder durch übliche feldgeologische Beobachtungen nicht mit Sicherheit festzustellen.

Es war nun die Aufgabe dieser Arbeit, jene statistischen Untersuchungsmethoden auszuwählen und anzuwenden, die geeignet sind, die Lagerungsverhältnisse zwischen dem Südlichen Vollschotter und der Hangendserie zu klären. Es sollte der Versuch unternommen werden, herauszufinden, worin die etwaigen Unterschiede der beiden Schotter liegen, bei welcher Höhenlage sich diese Unterschiede erkennen lassen und durch welche geologischen Vorgänge sie verursacht wurden. Zur Klärung dieser Frage mußten eingehende sedimentpetrographische Untersuchungen im Kies- und Sandanteil der beiden Ablagerungen durchgeführt werden.

Auf Grund der erfolgreichen Bestimmung von Schüttungsrichtungen fluviatiler Sedimente durch die Analyse ihrer Gefügeelemente (R. BRINKMANN, 1955, H. ILLIES, 1949, J. KALTERHERBERG, 1956, K. PICARD, 1950, K. SUTTER, 1962 und P. WURSTER, 1958 u.a.) erschien es aussichtsreich, gefügeanalytische Methoden auch für die Klärung der Lagerungsverhältnisse des Südlichen Vollschoeters und der Hangendserie anzuwenden.

Eine weitere Aufgabe der Arbeit war es, festzustellen, auf welchem Weg und unter welchen Transportbedingungen das Material von der distributiven Provinz in das Niederbayerische Molassebecken verfrachtet wurde. Dazu war eine möglichst vollständige und systematische Erfassung der Geröll- und Schichtorientierung in dem gesamten Verbreitungsgebiet des Südlichen Vollschoeters und der Hangendserie unerlässlich.

B. Das Arbeitsgebiet

Das Arbeitsgebiet erstreckt sich über das nordöstliche Oberbayern und das südöstliche Niederbayern; es umfaßt den ganzen Verbreitungsraum des Südlichen Vollschoeters (SVS) und der Hangendserie (HGS). Der Inn zwischen Winhöring im Westen und Simbach im Osten bildet die südliche Grenze; das Vilstal, etwa zwischen Niedertrennbach im Westen und Malgersdorf im Osten, ist die Grenze im Norden des Gebietes. Entlang der Salzach, auf der deutschen und österreichischen Seite, wurden Untersuchungen zwischen Burghausen und Weng durchgeführt. Nachdem der Munderfinger Schotter in Oberösterreich dem SVS gleichzustellen ist (E. BLISSENBACH, 1957), wurde dieser im Mattigtal, dem westlichen Teil des Kobernaußer Waldes in Oberösterreich ebenfalls untersucht.

Das Arbeitsgebiet hat eine Ausdehnung von ca. 1800 km² und umfaßt die folgenden Kartenblätter: Karte 46 Mattighofen; GB1. Burghausen 7842/43; GB1. Mühldorf 7741; GB1. Altötting 7742;

GB1. Marktl 7743; GB1. Neumarkt-St.Veit 7641; GB1. Wurmanns-

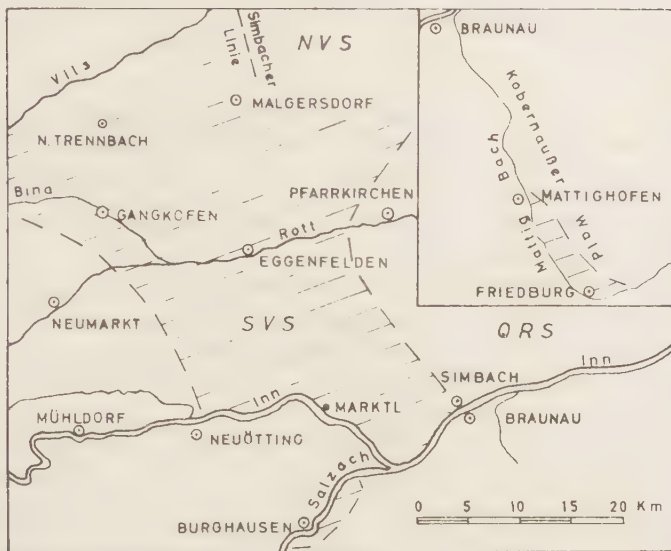


Abb. 1: Die Lage des Arbeitsgebietes
(schraffiert)

quick 7642; GB1. Tann 7643; GB1. Gangkofen 7541; GB1. Eggenfel-
den 7542; GB1. Frontenhausen 7441; GB1. Arnstorf 7442.

C. Definition des Gefüges

Sedimentgesteine besitzen ein Gefüge und man versteht darunter die Orientierung ihrer einzelnen Bestandteile im Raum. Jeder nicht sphärische Gegenstand (z.B. ein Geröll) hat eine Orientierung (F. J. PETTIJOHN, 1949). Wenn eine bedeutende Anzahl ähnlicher Elemente eine oder mehrere Orientierungen vor allen anderen zeigt, dann haben diese Objekte eine sogenannte bevorzugte Orientierung oder ein Gefügemuster.

B. SANDER (1948) definiert Gefüge folgendermaßen: "Die Raumdaten im Inneren eines betrachteten Bereiches beschreiben dessen Gefüge ...". Gefügedaten sind entweder richtungenthaltend (vektoriell) oder nichtrichtungenthaltend (skalar).

Richtungenthaltende Gefügedaten klastischer Sedimente werden von der Art, der Geschwindigkeit und der Richtung des Transportmediums bestimmt; nichtrichtungenthaltende sind von den "Stoffeigenschaften" abhängig (KALTERHERBERG, 1956).

Unter Stoffeigenschaften werden nach K. SUTTER (1962) die Geröllgrößen, die Korngrößenverteilung, das Verhältnis zwischen dem Kiesanteil und dem Sandzwischenmittel und auch die Geröllform verstanden.

Gefüge im kleineren Bereich, wie z.B. Geröllgefüge, läßt sich von "Großgefüge" unterscheiden, wobei unter "Großgefüge" Schichtung (Kreuz-, Schräg-, Horizontalschichtung usw.), Bankung und die Bildung von Sedimentationskörpern zu verstehen ist (BERINGER-MURAWSKI, 1957).

D. Die Geländearbeit

Im Verbreitungsgebiet wurden 26 frisch angeschnittene und zugängliche Aufschlüsse gewählt, die über den gesamten Schüttungsraum möglichst gleichmäßig verteilt sind. Es wurde versucht, erstens die Messungen im Horizontalprofil in möglichst gleichen Abständen über das Gebiet zu verteilen, und zweitens die Sedimente vertikal durch möglichst viele Meßstellen in ihrer ganzen Mächtigkeit zu erfassen.

Der Hauptteil der Feldarbeit bestand aus der systematischen Einmessung des Geröll- und Schichtgefüges des SVS und der HGS. Gleichzeitig wurden die Geröllgrößen, die Korngrößenverteilung,

das Verhältnis von Kies zu Sandzwischenmittel und die Geröll-eigenschaften (Form und Abrundung) systematisch und intensiv untersucht.

1. Die Gefügemessungen

In den jeweiligen Aufschlüssen wurden je Meßstelle an 50 Gerölln ihre Orientierung ermittelt. Diese Meßstellen wurden so im Aufschluß verteilt, daß eine repräsentative Erfassung der Geröllgefügedaten gewährleistet war; die Anzahl der Meßstellen wurde durch die Größe und Zugänglichkeit des individuellen Aufschlusses bestimmt. Sie wurden horizontal und immer paarweise angelegt, d.h. in jeder Höhenlage wurden mindestens zwei Meßstellen angeordnet; meistens jedoch mehrere Paare. Der horizontale Abstand beträgt im allgemeinen 3 bis 6 m, der vertikale liegt in der Hauptsache bei 2 m. Um objektive Ergebnisse der Gefügeanalyse zu erhalten, wurden die Meßstellen nur an massig gelagerten Partien oder im Bereich der Horizontalschichtung angelegt.

a) Orientierung der Gerölle

Die Orientierung eines Gerölls ist bestimmt durch das Einfallen und die Einfallsrichtung seiner längsten morphologischen Achse und die Lage seiner größten Querschnittfläche. BRINKMANN (1955) schreibt: "Um die Gefügedaten messen und darstellen zu können, denkt man sich das Geröll zu einem dreiachsigen Ellipsoid vereinfacht"; dabei wird die längste Achse als A-Achse, die mittlere als B-Achse und die kürzeste als C-Achse bezeichnet. Da die C-Achse naturgemäß das Lot auf die größte Querschnittfläche (AB-Ebene) des Gerölls ist, waren für die Feldmessungen nur die A- und C-Achsen von Bedeutung.

Die A-Achsen der Gerölle des untersuchten Schotters sind meist nur schwach geneigt; sie konnten so ohne Schwierigkeiten direkt mit dem Klinometer des geologischen Kompasses gemessen werden.

Die C-Achsen dagegen fallen meistens sehr steil ein; ein Aluminiumblech, das parallel zur AB-Ebene festgehalten wurde, erleichterte die Orientierung des Kompasses an dieser gedachten AB-Ebene.

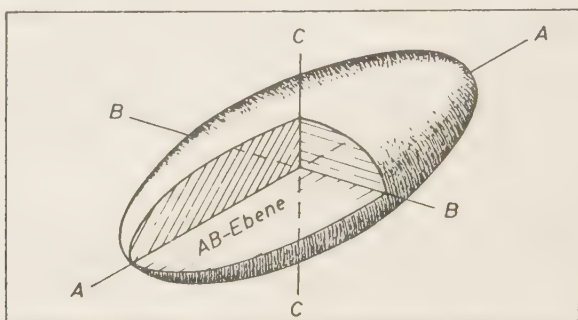


Abb. 2: Schematische Darstellung der morphologischen Achsen eines Gerölls

A = Längste Geröllachse
B = Mittlere Geröllachse
C = kürzeste Geröllachse

Mit Hilfe der Zusatzlibelle konnten die C-Achsen direkt gemessen werden. Stellt man dann den Kompaß aufrecht und gleichzeitig parallel zur Richtung der C-Achse, kann man das Einfallen genau ablesen.

Wo die Geröllgrößenunterschiede es erlaubten, wurden die eingemessenen Gerölle gleichzeitig in folgende drei Größenklassen aufgeteilt: 1-4 cm, 4-8 cm und über 8 cm. Diese Unterteilung ermöglichte allgemeine Aussagen über den Einfluß der Geröllgrößen auf die Orientierung. Sphärische und zylindrische Gerölle, sowie Gerölle unter 1 cm Größe wurden aus meßtechnischen Erwägungen bei der Einmessung nicht berücksichtigt.

b) Einmessung der Schichten

b1) Fluviatile Schichten

Die Schotter der Oberen Süßwassermolasse Niederbayerns sind ein

typisches, lockeres, fluviatiles Sediment und zeigen folglich kontinuierliche Schichtung. Es handelt sich in der Hauptsache um Klein- bis Grobkies in Wechsellagerung mit mehr oder weniger langen, dünnen Einschaltungen von Mittel- bis Grobsand.

Mit einem geologischen Kompaß konnte das Streichen und Einfallen dieser Schichtung direkt gemessen werden. Um Meßstellen anzulegen, wurden Teile von Schichten, die aus feinerem Material bestanden und über gröber gekörnten Schichten lagen, vorsichtig so aus dem Aufschluß entfernt, daß die Oberflächen der gröber gekörnten Schichten freilagen. Die Oberkante einer Schicht aus feinkörnigem Material darf nicht zum Einmessen der Schichtung herangezogen werden, weil sie meist nicht die wahre Oberfläche darstellt, sondern durch Aufarbeitung feineren Materials sekundär entstanden ist. Wo Sand eine Kiesschicht überlagert, konnte die Oberfläche der Kiesschicht meist ohne technische Schwierigkeiten freigelegt werden. Es wurde ein Einschnitt - ein Meßpunkt - senkrecht zur Aufschlußwand angebracht und der Sand vorsichtig, um die Kiesschichtoberfläche nicht zu berühren, mit einem Messer weggeräumt. Wo aber Sand fehlt und nur etwas feinerer Kies über der zu messenden Grobschicht ansteht, war die Freilegung ihrer Oberfläche erschwert, da man beim senkrechten Einschneiden der Aufschlußwand meistens sofort auf feuchtes Material stößt, bei dem die Schichtgrenzen undeutlicher werden. In solchen Fällen muß man äußerst vorsichtig arbeiten, um die zu messende Oberfläche unberührt zu lassen.

Nach den Methoden von WURSTER (1958) und SUTTER (1962) wurden die einzelnen Meßpunkte so eng neben- und untereinander angebracht, daß jede Gefügeänderung der verschiedenen Schüttungskörper im Aufschluß vollständig erfaßt werden konnte. Der vertikale Abstand der Meßpunkte hängt von der Mächtigkeit der betreffenden Körper ab, bzw. von der Dichte der darin befindlichen Feinschichtung. Der horizontale Abstand beträgt durchschnittlich etwa 0,5 m.

Zur vergleichenden Betrachtung der verschiedenen Meßergebnisse des Schicht- und Geröllgefüges im Schüttungsgebiet wurden die Höhenlagen der Meßpunkte in m NN vermerkt.

b2) Schichten der Stillwasserablagerungen

Gelegentlich kommen im Untersuchungsgebiet geschichtete Ton- und Mergelbänke vor, die auf Grund ihrer beträchtlichen Mächtigkeit (bis zu 6 m) auf eine Ablagerung in ruhigem Wasser hinweisen. Obwohl nach dem Gesetz der geologischen Lagerung diese Ton- und Mergelbänke zur Zeit ihrer Entstehung horizontal abgelagert wurden, findet man sie heute gegen die Horizontale geneigt.

Rein technisch unterscheiden sich die Messungen der Schichtung dieser Ton- und Mergelbänke kaum von den vorher besprochenen in den fluviatilen Schichten. Lediglich die häufige, starke Verfestigung der Stillwasserablagerungen, bedingt durch deren hohen Karbonatgehalt, erschwerte das Freilegen der einzelnen Schichtblätter. In den meisten Fällen mußten erst mit Hilfe einer Spitzhacke "Schichtblöcke" aufgelockert und entfernt werden, um die unterlagernden Schichtoberflächen sauber exponiert zu erhalten. Die nun vorgenommenen einzelnen Messungen der Schichtneigung und der Einfallsrichtung der Schichten ließen zusammengefaßt die Tendenz der regionalen Hebung erkennen; ihre Kenntnis war für die richtige Auswertung der Gefügeanalyse des SVS und der HGS unentbehrlich.

c) Die Meßgenauigkeit des Verfahrens

Es ist verständlich, daß die Geländemethoden auf ihre erforderliche Meßgenauigkeit untersucht werden mußten.

Die A-Achsen konnten wegen der meist geringen Neigung mit großer Genauigkeit eingemessen werden. Beim flachen Geröll ist auch die Meßgenauigkeit für die AB-Ebene sehr groß. Allerdings sind die Gerölle recht oft abgerundet und unsymmetrisch, wodurch das genaue Auflegen des Kompasses und somit das Einmessen der C-Achsen

erschwert wird. Bei der gesamten Auswertung der einzelnen Messungen in den Diagrammen muß daher mit einem Meßfehler von durchschnittlich 5 - 10° gerechnet werden.

Auch beim Einmessen der Schichtung im SVS und der HGS muß, wie schon K. SUTTER (1962) im Nördlichen Vollschotter beobachtete, ein Meßfehler von 5° hingenommen werden. Er ist in erster Linie durch die schwierige Freilegung der Schichtoberflächen und die unvermeidbaren, kleineren Unebenheiten der Schichtoberflächen, die hauptsächlich durch ungleich große Gerölle hervorgerufen werden, zurückzuführen.

Diese Meßfehler spielen allerdings nur eine geringe Rolle, da örtliche Abweichungen der Hauptschüttungsrichtung bis zu 60° vorkommen können.

2. Die Felduntersuchung der Stoffeigenschaften

Für die vollständige Erfassung des Sedimentgefüges ist die Untersuchung der Stoffeigenschaften der Sedimente notwendig, da sie die Lagerung der Sedimentbestandteile wesentlich beeinflussen, und auch der Charakter der Stoffeigenschaften vornehmlich von dem Charakter des Transportmediums abhängt. Unter Stoffeigenschaften eines fluviatilen Sediments versteht man folgendes:

a) Korngrößenverteilung

An jeder Meßstelle, an der 50 Geröllmessungen durchgeführt wurden (s.S. 4-5), wurden 20 kg Schotter entnommen, getrocknet und durch Sieben in Fraktionen aufgeteilt. Der verwendete Siebsatz besteht aus den Einheiten 32 mm - 16 mm - 8 mm - 4 mm. Jede Fraktion wurde gewogen und ihr Gewicht festgehalten. Falls extrem große Gerölle vorhanden waren, wurden sie vor der Siebanaalyse ausgelesen, um beim Wiegen der einzelnen Kornfraktionen falsche Verhältnismerte zu verhindern. Von der Fraktion kleiner als 4 mm wurden Proben für eine weitere Unterteilung im Labor aufgehoben.

a1) Mittlere Korngrößen

Aus der genauen Erfassung der mittleren Korngrößen gewinnt man für jeden Punkt des Horizontal- und Vertikalprofils zuverlässige Aussagen über die Mengen- und Geschwindigkeitsveränderungen des Transportmediums. Für die Bestimmung der mittleren Korngröße wurde der Mittelwert der zwei vorherrschenden Siebfractionen bzw. des vorherrschenden Intervalls errechnet:

$$M = \frac{F_1 + F_2}{2} \quad [\text{cm}]$$

M = Mittelwert des Korngrößenintervalls

$\frac{F_1}{F_2}$ = Korngrößen der Grenzen des Intervalls

a2) Sandzwischenmittel

Wie allgemein üblich, liegt auch in dieser Arbeit die Grenze zwischen Kies und Sand bei 2 mm. Da im Gelände das Zwischenmittel nicht vollkommen ausgetrocknet werden konnte, wurde die Siebfraction <4 mm im Labor weiter unterteilt. Der Anteil >2 mm wurde zu dem Kies gerechnet und der Anteil <2 mm in die folgenden Fractionen unterteilt: 2-1 mm, 1-0,5 mm, 0,5-0,25 mm, 0,25-0,12 mm und <0,12 mm. Die Kornverteilung wurde durch Summenkurven dargestellt.

a3) Verhältnis von Kies zu Sandzwischenmittel

Nachdem sich bei Sedimentationsveränderungen das Verhältnis des Kiesanteils zum Sandzwischenmittel ändert, wurde, um einen Einblick in die Sedimentationsvorgänge zu erhalten, das Gewichtsverhältnis von Kies zu Sandzwischenmittel jeweils genau festgestellt.

b) Maximale Geröllgrößen

Von jedem Aufschluß wurden möglichst die 10 bis 15 größten Gerölle (Geröllmaxima) entnommen und nach der Methode von WENTWORTH (s. KRUMBEIN und PETTIJOHN, 1938) die Länge ihrer A-, B-

und C-Achsen gemessen. Für maximale Gerölle genügt weder die Messung des kleinsten Durchmessers noch der Länge der A-Achse allein, um die Geröllgröße richtig zu erfassen. Erst die Berücksichtigung der drei morphologischen Achsen ermöglicht die ungefähre Feststellung des wahren Geröllvolumens und später die Berechnung eines Vergleichswertes, der die Änderungen der maximalen Geröllgrößen von Aufschluß zu Aufschluß erkennen läßt.

c) Korneigenschaften

Unter den Korneigenschaften werden in der vorliegenden Arbeit die Form der Gerölle und ihr Rundungsgrad verstanden.

c1) Geröllform

Der Untersuchung der Geröllform liegt die Klassifikation von Th. ZINGG (1935) zu Grunde; die Gerölle werden dabei in vier Kategorien unterteilt. Für diese Klassifikation wurde, wie noch zu besprechen ist, die Länge der A-, B-, und C-Achsen von 10 Geröllproben pro Aufschluß gemessen. Die zu messenden Gerölle wurden willkürlich den Kornfraktionen, die die mittleren Geröllgrößen repräsentieren, entnommen. Gerölle, die offensichtlich durch Verwitterung zerbrochen oder sehr stark ausgelaugt und ausgehöhlt sind, wurden nicht berücksichtigt.

c2) Geröllrundung

Zur Bestimmung der Geröllrundung wurde die Methode von CHABAKOW (s. L. RUCHIN, 1958) angewandt. Die Rundungsgrade wurden in fünf Gruppen eingestuft (s. Abb. 3, S. 12).

Im Gelände wurden willkürlich 50 Gerölle je Meßstelle entnommen, und zwar Gerölle der Kornfraktion, die die mittlere Geröllgröße repräsentiert, und dann entsprechend der Rundungsskala eingeteilt. Auch hier wurden verwitterte und gespaltete Gerölle nicht berücksichtigt.

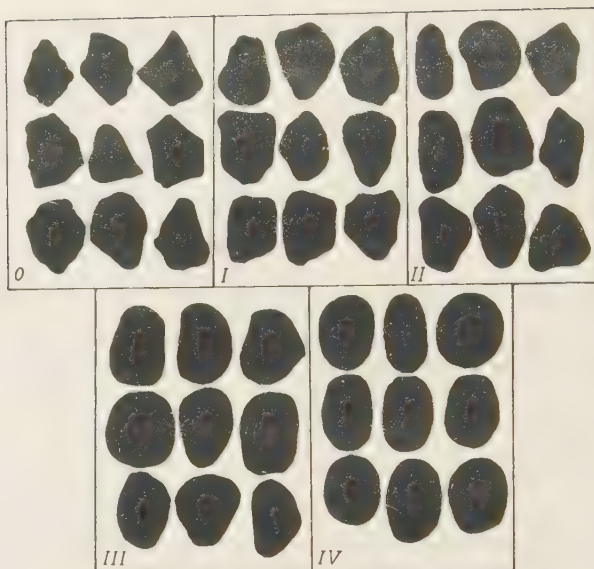


Abb. 3: Skala zur Bestimmung der Geröllrundung
(nach CHABAKOW)

- 0 - Nicht abgerundete Bruchstücke mit spitzen, scharfen Rändern;
- I - Nur die Ecken und Kanten der Bruchstücke abgerundet;
- II - Gerölle mit leicht geglätteten Kanten, in deren Umriß geradlinige Abschnitte noch deutlich zu erkennen sind;
- III - Gut kantengerundete Gerölle, die nur noch Spuren der ursprünglichen Begrenzung beibehalten haben;
- IV - Ideal abgerundete Gerölle, mit gleichmäßigen und durchwegs vorzüglich gerundeten Oberflächen.

E. Betrachtung über die Voraussetzungen für die Gefügeanalyse
eines klastischen Sediments

Soll ein Sediment gefügeanalytisch untersucht werden, so muß es, großräumig gesehen, noch in seiner ursprünglichen Lagerung,

d.h. mit seinem ursprünglichen Gefüge, vorhanden sein. Auch dürfen die Untersuchungen nicht vorgenommen werden, wenn z.B. nachträgliche Erosion von Sandbänken durch lokal verstärkte Strömungsgeschwindigkeit, Rutschung oder Verwitterung das primäre Gefügebild örtlich verzerrten. Bei einer durch großräumige Verwitterung, komplizierte regionale Tektonik usw. hervorgerufene Zerstörung des ursprünglichen Gefüges lassen sich die beschriebenen Untersuchungsmethoden nicht anwenden.

Wie SUTTER (1962) beschrieb, setzt die Gefügeanalyse von Sedimenten auch voraus, daß wirklich nur stratigraphisch gleiche Horizonte untersucht werden. Er deutet darauf hin, daß irreführende Auswertungsergebnisse u.U. durch Messen in stratigraphisch ungleichen Horizonten entstehen können.

Gut freigelegte und zugängliche Aufschlüsse sind für eine vollständige Gefügeanalyse unerlässlich. Diese Aufschlüsse wiederum sollen möglichst gleichmäßig über das ganze Verbreitungsgebiet verteilt sein und es ist erforderlich, daß die Gefügeanalyse auf die gesamte Mächtigkeit der Sedimente ausgedehnt wird. Dies bezieht sich nicht nur auf die horizontale, sondern auch auf die vertikale Verteilung der Aufschlüsse. Es ist selbstverständlich, daß für die vollständige Erfassung eines Sediments dessen gesamte Ablagerungen studiert und in Betracht gezogen werden müssen.

II. Gefügeuntersuchungen in rezenten Schottern

Die Untersuchungen wurden nach dem Prinzip des Aktualismus durchgeführt: aus den Erscheinungen und Vorgängen der Gegenwart sollen die geologischen Vergänge der Vergangenheit abgelesen werden. Daher wurde das Gefüge rezenter Sedimente studiert, um die Gesetze und Regeln zu erkennen, nach denen diese Gefüge gebildet werden. Dann erst war es möglich, an Hand dieser Ergebnisse, die Gefügedaten der Vergangenheit zu erfassen und auszuwerten.

Als Ausgangspunkt für die Untersuchungen dienten die Ablagerungen zweier rezenter Flüsse, deren Ablagerungsbedingungen und Strömungsrichtung an Ort und Stelle genau beobachtet werden konnten. Untersucht wurden die Salzach bei Burghausen (GB1. Burghausen 7842/43) und die Isen bei Obersteinhöring (GB1. Neumarkt-St.Veit 7641). Die Daten über die Wasserführung der Salzach und der Isen wurden freundlicherweise von der Bayerischen Landesstelle für Gewässerkunde, München, zur Verfügung gestellt.

Einmal wurde versucht, einen Einblick in die Zusammenhänge von Geröllorientierung und Strömungsrichtung zu gewinnen, außerdem wurde die Beziehung zwischen Korngröße und Geröllorientierung genau untersucht. In sandigen Partien wurde ebenfalls Horizontalschichtung studiert. Die bei diesen Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse dienen, zusammen mit anderen Daten, als Grundlage zur Auswertung der später folgenden Messungen im tertiären Schotter.

A. Darstellung der Gefügemessungen

Für die Darstellung der Korn- und Schichtgefüge wurde die flächentreue Pollage verwendet. Die Durchstichpunkte der A-Achsen werden in der unteren Hälfte der Lagenkugel und die Durchstichpunkte der Flächenpole der AB-Ebenen in der oberen Hälfte der Lagenkugel eingetragen. Die untere Halbkugel wurde für die A-Achsen deswegen gewählt, weil die Durchstichpunkte in dem Sektor liegen, nach dem die Achsen einfallen. Aus dem gleichen Grund wurde die obere Halbkugel für die Darstellung der AB-Ebenen herangezogen: die Durchstichpunkte ihrer Flächenpole befinden sich in dem Sektor, nach dem die AB-Ebenen einfallen. In den Diagrammen der A-Achsen wurde im Zentrum der Pollage eine Richtungsrose gezeichnet, um die Regelung dieser Achsen zu verdeutlichen.

Wie allgemein üblich, wurde auch hier für die Darstellung der

Schichtgefügedaten die obere Hälfte der Lagenkugel verwendet.

Die prozentuale Erfassung der in der Pollage angesammelten Punkte erfolgt nach der üblichen Methode statistischer Auszählung.

B. Die Salzach

Die Untersuchungen in den Ablagerungen der Salzach fanden ca. 1 km NNE Burghausen auf der österreichischen Seite des Flusses statt, wo der Fluß geradlinig S 70° E fließt. Die Meßstellen befanden sich am Ufer direkt neben dem fließenden Wasser an einer Stelle, die normalerweise unter Wasser liegt, und die ein Teil des normalen Flußbettes bildet. Die Messungen wurden zu Ende des Herbstes 1962 durchgeführt als der Wasserspiegel außergewöhnlich niedrig war.

1. Transportkraft und Ablagerungsbedingungen

Die Hauptwasserführung der Salzach, und deshalb ihre Hauptschüttung, liegt Anfang Juni, also zur Zeit der Schneeschmelze in den Alpen. Der Höchstwasserstand bei Burghausen - dem Meßort - wurde im Jahre 1899 bei 9,28 m registriert. Zwischen 1951 und 1960 wurde zur Zeit des Hochwassers die Durchschnittstiefe bei ca. 8,33 m und die Durchschnittsgeschwindigkeit bei ca. 3,30 m/sec. festgestellt. Die Grenzggeschwindigkeitstabelle von F.SCHLEICHER (1955) zeigt, daß bei solcher Wasserführung Gerölle von weit über 100 mm Durchmesser (B-Achse - s.Abb. 2, S. 6) transportiert werden können (s.Tabelle 1, S. 16). Über die gleiche, 9 Jahre lange Periode zwischen 1951 und 1960 herrschte bei "normaler Wasserführung" im Sommer eine Tiefe von durchschnittlich ca. 1,85 m. Dabei betrug die Durchschnittsgeschwindigkeit ca. 1,65 m/sec. Unter diesen Voraussetzungen können Gerölle bis zu 32 mm Durchmesser transportiert werden.

Der Niederwasserstand herrscht in den Wintermonaten. Die Wassertiefe geht bis auf durchschnittlich 0,75 m zurück, und die Ge-

Tabelle 1: Grenzgesehwindigkeiten $\max v_m$
(nach F. SCHLEICHER)

Beschaffenheit der Sohle (die in Klammern beigesetzten Zahlen sind Korngrößen in mm)	$\max v_m$ (mittl. Querschnitts- Geschwindigkeit, m/s)	
	Klares Wasser ohne Schlamm und Geschiebe	Schlammfuehren- des Wasser
Steifer Lehm, sehr kolloidal (0,0015)	1,30	1,50
Lehmhaltige Ablagerungen kol- loidal (0,005)	1,30	1,50
Nicht kolloidal (0,005)	0,76	0,90
Feiner Lehm und Schlamm (0,05-1,0)	0,26	0,35
Feinkoerniger Lehm mit Sand gemischt	0,30	0,50
Sandiger Lehm	0,30	0,50
Harter Lehm	0,60	0,75
Feiner Sand (0,4)	0,15	0,25
Feiner Sand (0,7)	0,20	0,30
Feiner Sand (1,7)	0,35	0,45
Grober Sand (2,0-3,0)	0,45-0,60	0,50-0,70
Feiner Kies (4,0-8,0)	0,60-0,75	0,70-0,90
Mittlerer Kies (8,0-16,0)	0,80-1,30	0,90-1,40
Grober Kies (16,0-32,0)	1,30-1,80	1,40-2,00
Eckige Steine, grob	1,70	1,80
Rasenziegel	1,80	1,80

sehwwindigkeit vermindert sich bis zu ca. 0,80 m/sec. Nach SCHLEICHER wird unter diesen Verhältnissen immer noch Klein-
kies bis zu 8,0 mm verfrachtet.

Die Ergebnisse von SCHLEICHER werden durch das Diagramm von F. HJUISTROM (1939) bestätigt (s. Abb. 4, S. 17). Es zeigt sich, daß Geschwindigkeiten von mehr als 1 m/sec. nötig sind, um Teil-
chen von 1 Mikron Durchmesser in Bewegung zu bringen. Die kri-

tische Geschwindigkeit vermindert sich zu einem Minimum zwischen 0,2 und 0,3 m/sec. für Gerölle zwischen 0,1 und 0,5 mm Durchmesser. Für größere Gerölle steigt die kritische Geschwindigkeit wieder, bis eine Geschwindigkeit von mehr als 1 m/sec. erforderlich ist, um ein Geröll von 10 cm Durchmesser in Bewegung zu setzen.

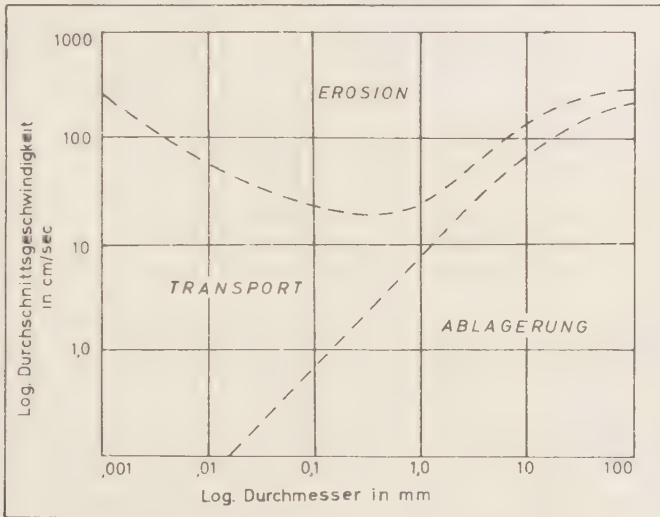


Abb. 4: HJULSTROMS Diagramm über das Verhältnis von Erosion, Transport und Ablagerung sedimentären Materials untereinander

Die untere Kurve des Diagramms zeigt die Bedingungen, unter welchen transportiertes Material abgelagert wird. Dies geschieht nach W. C. KRUMBEIN und L. L. SLOSS (1956) dann, wenn die Sedimentationsgeschwindigkeit des Kornes entweder größer ist als die Transportgeschwindigkeit, oder die Wechselströmung des Flusses überschreitet. Es wurde beobachtet, daß der Abstand zwischen Ablagerung und Transport im Diagramm bei über 1,0 mm großen Teilchen verhältnismäßig gering ist. Ein Geröll mit einem Durchmesser von ca. 30 mm wird beispielsweise erst bei einer Geschwindigkeit von etwa

3,0 m/sec. in Bewegung gebracht. Nimmt diese Geschwindigkeit bis ca. 1,0 m/sec. ab, dann wird das Geröll abgelagert.

2. Die maximalen Geröllgrößen

Die Transportkraft der Salzach wird durch die Betrachtung der maximalen Geröllgrößen verdeutlicht. Zur Darstellung dieser Maxima erscheint die Methode von KENTWORTH (s. KRUEBELN und BERTI-JOHN, 1938) als zweckmäßig, wobei die Länge der drei morphologischen Achsen der Gerölle gemessen werden (s.S. 10, Abschn. b). Man erhält einen Vergleichswert, indem man das geometrische Mittel (K) der Einzelwerte der A-, B- und C-Achsen durch die Gleichung

$$K = \sqrt[3]{A \times B \times C} \quad [\text{cm}]$$

zieht; dadurch kommt man dem wirklichen Volumen des Gerölls näher.

Der Salzachschorer bei Burghausen enthält Gerölle mit einem mittleren Achsen-Wert von $K = 34,6 \text{ cm}$ ($48 \times 31 \times 28 \text{ cm}$). Es gibt aber im Flußbett auch noch gröberes Material, v.a. Granitblöcke, die bei Reparaturen an der Uferbefestigung liegengeblieben waren. Ihre verstreute Lage unterhalb der letzten Baustelle läßt vermuten, daß sogar diese Blöcke bei Hochwasser transportiert wurden, auch wenn es nur meterweise war. Ein solcher Block besitzt einen mittleren Achsen-Wert von $K = 52,3 \text{ cm}$ ($90 \times 44 \times 36 \text{ cm}$).

3. Die Gefügemessungen (Tafel 1, Diagramm a - d)

a) Orientierung der Gerölle

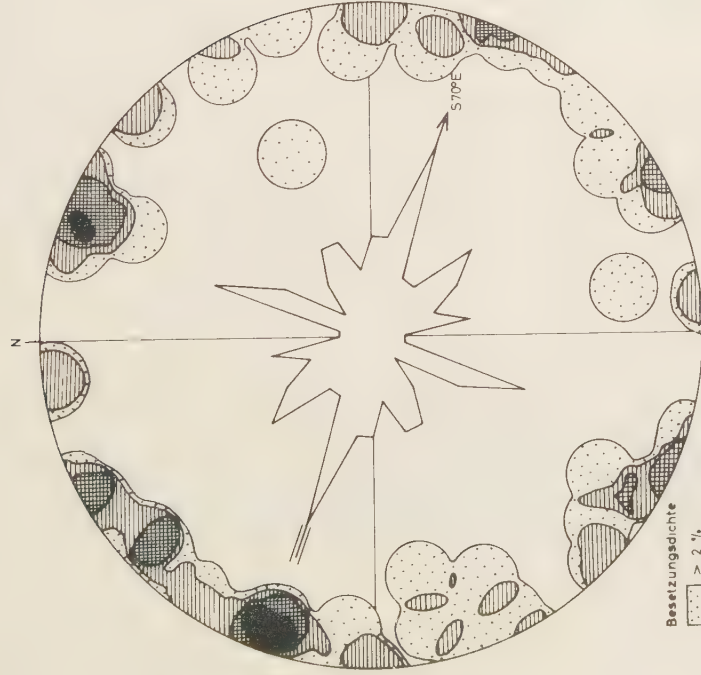
In den Diagrammen der Tafel 1 wurde die $S 70^\circ E$ Flußrichtung der Salzach durch einen Pfeil gekennzeichnet.

a1) Die A-Achsen (Diagramm 1a)

Betrachtet man die Felder der verschiedenen Besetzungsdichten, so erkennt man, daß im NW-Sektor die maximale Besetzungsdichte

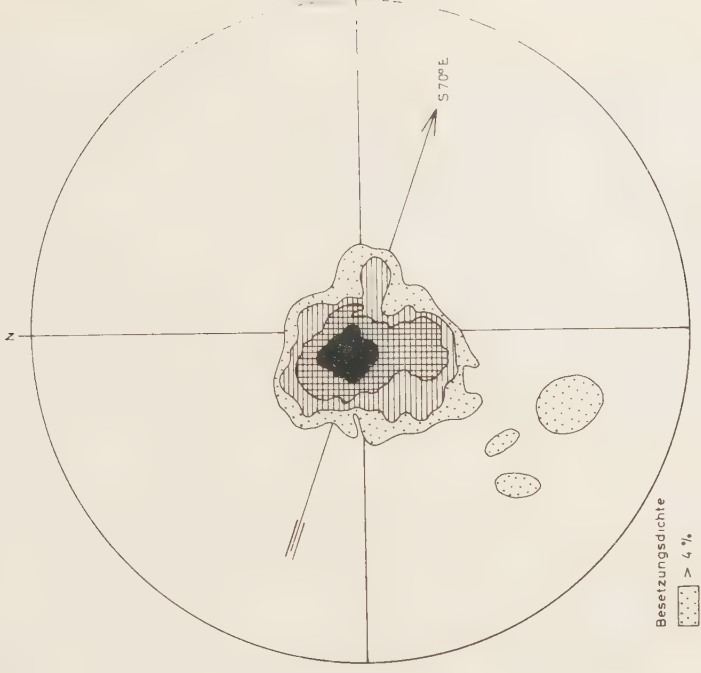
TAFEL 1 Die Salzach

Stromrichtung S 70° E



Besetzungsdichte
 > 2 %
 > 4 %
 > 6 %
 > 10 %

Diagr. 1a A-Achsen
 50 Messungen

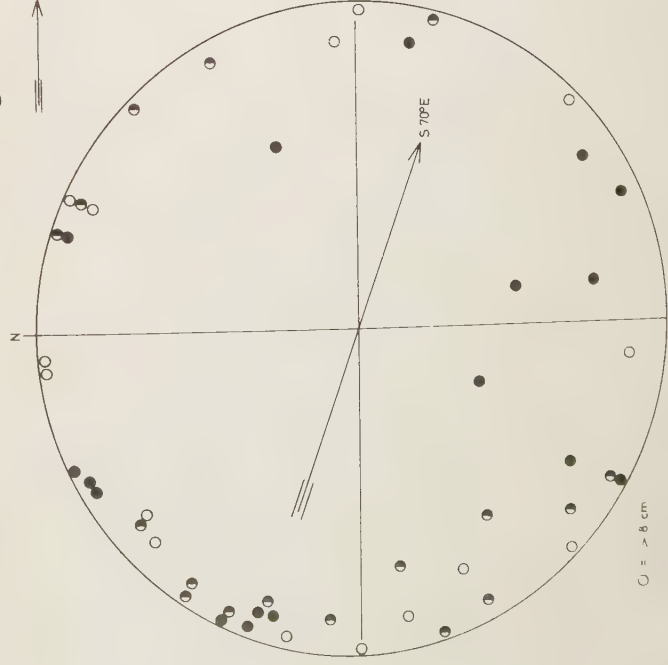


Besetzungsdichte
 > 4 %
 > 6 %
 > 10 %
 > 18 %

Diagr. 1b AB-Ebenen
 50 Messungen

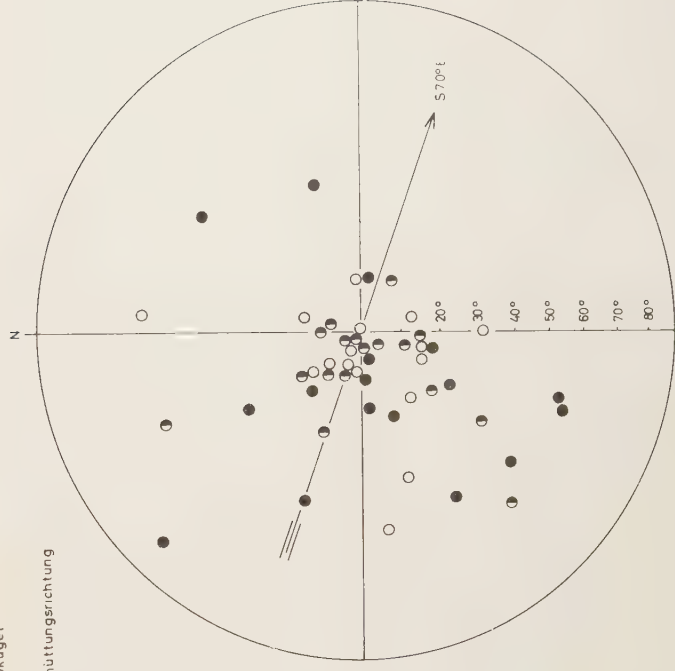
● = obere Halbkugel
 ○ = untere Halbkugel

→ = Schüttungsrichtung



○ = > 8 cm
 ○ = 4 - 8 cm
 ● = < 4 cm

Diagr. 1c A-Achsen (größen-
 mäßig unterteilt)
 50 Messungen



Diagr. 1d AB-Ebenen (größen-
 mäßig unterteilt)
 50 Messungen

(> 10%) liegt, d.h. die Gerölle dieses Bereichs liegen parallel zur Fließrichtung und neigen sich schwach nach W gegen die Schütungsrichtung. Das durchschnittliche Einfallen beträgt ca. 7° . Fast senkrecht dazu, bei N 20° E, befindet sich ein zweites, aber kleineres Maximum. Die Gerölle dieses Bereichs neigen sich schwach nach NNE senkrecht zur Strömungsrichtung, und das durchschnittliche Einfallen beträgt auch ca. 7° . Zwischen den beiden Maxima treten im NW zwei Bereiche kleinerer Besetzungsdichte (> 6%) auf. Die A-Achsen der Gerölle dieses Bereiches fallen schräg zur Strömungsrichtung ein. Das durchschnittliche Einfallen der A-Achsen aller Gerölle beträgt zwischen 8 und 9° .

Aus dem Diagramm erkennt man,

- 1) daß der größte Prozentsatz der A-Achsen parallel oder fast parallel zur Strömung orientiert ist,
- 2) daß die A-Achsen hauptsächlich gegen die Strömung geneigt sind,
- 3) daß nur ein etwas geringerer Prozentsatz der A-Achsen senkrecht zur Strömung liegt als parallel dazu, und
- 4) daß die dritt-bevorzugte Lage der A-Achsen im spitzen Winkel zur Strömungsrichtung liegt.

a2) Die Abhängigkeit der Orientierung der A-Achsen von den Geröllgrößen (Diagramm 1_c)

Um die Beziehung zwischen der Orientierung der A-Achsen und den Geröllgrößen studieren zu können, wurden die eingemessenen Gerölle je nach der Länge der A-Achsen in drei Fraktionen eingeteilt: 1-4 cm, 4-8 cm und > 8 cm. Gerölle < 1 cm wurden aus meßtechnischen Gründen nicht berücksichtigt.

Die am besten orientierten Gerölle sind die Gerölle der Fraktion 4-8 cm. Wie die Orientierung der A-Achsen erkennen läßt, fallen ca. 41% dieser Gerölle gegen die Stromrichtung, 35% liegen senkrecht dazu, während nur 24% schräg zur Stromrichtung orientiert sind. Von den letzteren sind nur zwei Gerölle schräg mit der Strömung geneigt. Ein einziges Geröll fällt genau (aber mit einer

sehr schwachen Neigung⁺) gegen die Stromrichtung.

Bei den Geröllen zwischen 1 und 4 cm fallen ebenfalls 41% gegen die Stromrichtung, und ca. 23% liegen senkrecht dazu. Die übrigen 36% liegen schräg zur Stromrichtung, und zwar fallen alle diese Gerölle mit der Strömung ein.

Am wenigsten ausgerichtet sind die Gerölle > 8 cm. Obwohl sie keine bevorzugte Orientierung zeigen, sind sie aber auch nicht völlig wahllos eingeregelt. 73% dieser Gerölle liegen entweder senkrecht zur Strömung oder fallen in die W-Hälfte der Lagenkugel gegen die Stromrichtung ein. Nur drei Gerölle fallen ziemlich genau mit der Strömung ein.

Die A-Achsen der Gerölle jeder der drei Korngrößengruppen haben einen charakteristischen Winkel zur Horizontalen (Neigungswinkel). Die Gerölle > 8 cm sind nur schwach geneigt, und zwar beträgt das durchschnittliche Einfallen nur 5°, das maximale 20°. Die Geröllgrößen zwischen 4-8 cm neigen sich durchschnittlich um 8°; das maximale Einfallen beträgt 29°. Die kleinsten Gerölle sind ausnahmsweise steil geneigt. Ihr durchschnittliches Einfallen ist 15°; die extreme Neigung für diese Gerölle beträgt 55°.

a3) Die AB-Ebenen (Diagramm 1b)

Das Diagramm der größten Geröllquerschnitte zeigt ein typisches Bild von Dachziegellagerung. Die Anordnung der Besetzungsdichten ist sehr einheitlich und deutlich asymmetrisch zum Mittelpunkt der Collage. Die maximale Besetzungsdichte (> 18%) liegt nach NW und weist daher auf eine schwache Neigung gegen die Stromrichtung mit einem durchschnittlichen Einfallen von ca. 8°⁺. Das durchschnittliche Einfallen der gesamten AB-Ebenen aber beträgt 27°. Die drei kleineren Besetzungsdichtfelder zeigen eine Ausdehnung senkrecht zur Schüttungsrichtung.

⁺Der Ausdruck Neigung (Geröllneigung, Schichtneigung) ist im folgenden Text mit Einfallen gleichbedeutend.

a4) Die Abhängigkeit der Orientierung der AB-Ebenen von den Geröllgrößen (Diagramm 1 d)

Wie in Diagramm 1 c der A-Achsen sind es die Gerölle der Größenordnung 4-8 cm, die am besten orientiert sind. Ebenfalls wie in Diagramm 1 c sind 41% der AB-Ebenen gegen die Stromrichtung geneigt. An zweiter Stelle sind mit 35% die Gerölle, deren AB-Ebenen senkrecht zur Strömungsrichtung eingeregelt sind; ihre Neigung ist wesentlich größer als die Neigung der parallel zur Stromrichtung liegenden Gerölle.

Eine ähnliche Orientierungstendenz zeigen die Gerölle der Fraktion > 8 cm. 35% dieser Gerölle sind gegen die Strömung geneigt und 30% senkrecht dazu.

Die Gerölle der Größenordnung 1-4 cm sind weit überwiegend schräg und senkrecht zur Schüttungsrichtung eingeordnet. Nur 18% dieser Gerölle sind parallel zur Stromrichtung orientiert (12% gegen die Strömung, 6% mit der Strömung geneigt).

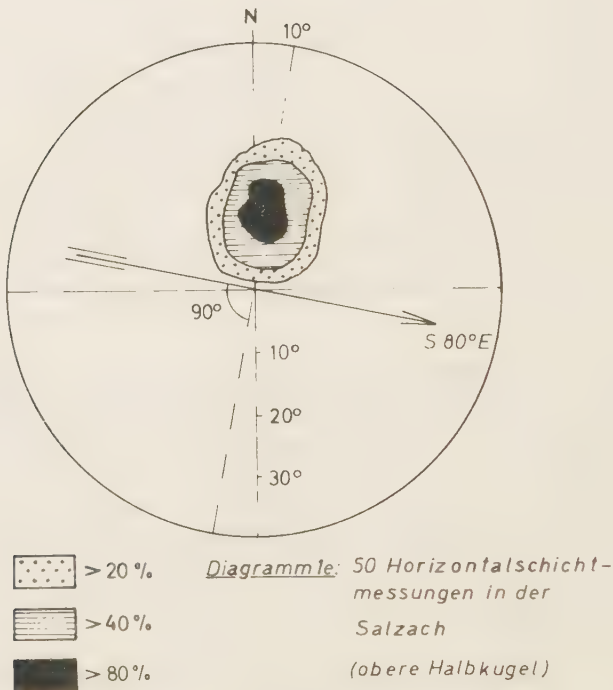
Die Gerölle der Größenordnung 4-8 cm zeigen eine durchschnittliche Neigung von nur 16° . Ihre maximale Neigung beträgt 60° . Die Neigungen der Gerölle > 8 cm beträgt durchschnittlich 24° , die maximale Neigung 58° . Am steilsten geneigt sind die Gerölle der Größenordnung 1-4 cm, die hauptsächlich schräg und senkrecht zur Stromrichtung liegen. Ihr durchschnittliches Einfallen beträgt 41° , das maximale 87° .

b) Die Horizontalschichtung^{+) (Diagramm 1 e)}

Nicht weit von der Stelle, an der die Geröllmessungen durchgeführt wurden, befindet sich eine ca. 40 m lange Sandbank mit einer deutlichen, leicht meßbaren, horizontalen Schichtung, die durch die Uferböschung angeschnitten ist. Die Mächtigkeit dieser Sandbank war nicht festzustellen, da ihr unterer Teil im Wasser stand und nur etwa 3 m über dem Wasserspiegel lagen. Die Salzach fließt hier nach S 80° E.

^{+) Erklärung des Begriffes "Horizontalschichtung" s. Abschn. 2b), S. 58}

Das Diagramm 1 e zeigt ein sehr geschlossenes und einheitliches



Bild, d.h. alle Besetzungsdichten liegen konzentrisch zueinander, was bedeutet, daß alle Schichtoberflächen gebündelt nach $N 10^{\circ} E$ einfallen. Die Einfallrichtung bildet mit der Richtung des Flusses einen Winkel von 90° . Die Neigungsvariationen sind verhältnismäßig klein. Die maximale Besetzungsdichte zeigt Neigungen zwischen 8 und 16° . Das maximale Einfallen aller Schichtmessungen beträgt 25° .

4. Die Deutung der Diagramme

a) Die A-Achsen (Diagramm 1a und 1c)

Die Salzach, als ein Gebirgsfluß, hat eine lang andauernde Hoch-

wasserperiode. Der Übergang von der Hochwasserperiode zum normalen Wasserstand geht nur ganz allmählich vor sich.

Nach M. KÜRSTEN (1960) stehen fluviatile Gerölle zunächst nach ihrer Ablagerung senkrecht zur Schüttungsrichtung. Wenn dann nachfolgende Wasserführung genügend stark und lang ist, werden die Gerölle zwar nicht transportiert, aber doch allmählich am Ort ihrer ersten Fixierung parallel zur Strömung eingeregelt. Anders ist es bei schlagartiger Hochwasserführung. Hier verbleiben die Gerölle in ihrer ersten Lage, nämlich senkrecht zur Fließrichtung, da die nachträglichen Einregelungseffekte fehlen.

Diagramm 1a zeigt deutlich, daß die Lage der in der Salzach eingemessenen A-Achsen völlig mit den Untersuchungsergebnissen von KÜRSTEN übereinstimmen. Wie der Bereich maximaler Besetzungsdichte zeigt, liegen die meisten Salzachgerölle parallel oder fast parallel zur Fließrichtung. Die zwei Felder kleinerer Besetzungsdichte, die mit spitzem Winkel schräg zur Strömung liegen, zeigen eine starke Tendenz der Gerölle, sich parallel zur Strömung einzuregeln. Offensichtlich dauerte die nachträgliche, auf die Gerölle einwirkende Wasserführung doch nicht lange genug, um diese Gerölle völlig parallel zur Strömung auszurichten.

Es sind hauptsächlich die Gerölle > 8 cm und zwischen 1-4 cm, die senkrecht zur Strömung liegen. Allem Anschein nach sind es die größeren Gerölle, die am langsamsten parallel zur Strömung ausgerichtet werden. Allerdings liegen auch noch viele der kleineren Gerölle senkrecht zur Strömung. Dies kommt wohl daher, daß ihre Orientierung durch das Korngerüst der größeren Gerölle behindert wurde.

Wie SUTTER (1962) erkannte, spielt die Neigung des Flußbettes zur Flußmitte hin auch eine Rolle bei der Orientierung der A-Achsen. Die Geröllmessungen der Salzach fanden am Südufer statt, das mit ca. 6° nach der Flußmitte absinkt. Diagramm 1c zeigt, daß fast ausschließlich große Gerölle zur Strommitte einfallen, während die

kleineren sich meistens in die entgegengesetzte Richtung neigen. Diese Tatsache läßt vermuten, daß die Ablagerung und Orientierung der kleineren Gerölle durch die schon vorhandenen, größeren beeinflußt wurde, d.h. daß die kleineren nicht mehr den nötigen Raum hatten, sich normal einzuregeln. Um diese Fragen jedoch eindeutig zu klären, bedarf es weiterer Messungen, die außerhalb des Rahmens dieser Arbeit liegen.

b) Die AB-Ebenen (Diagramm 1b und 1d)

Das Diagramm der AB-Ebenen stimmt völlig mit dem der A-Achsen überein. Das größte Maximum der A-Achsen, wie das der AB-Ebenen, neigt sich ca. 8° gegen die Strömung der Salzach, die an dieser Meßstelle nach S 70° E fließt. Nach R. W. POHL (1955) hat eine Scheibe in einer fließenden Flüssigkeit ihre stabilste Lage bei einer Neigung gegen die Fließrichtung. Fluvatile Gerölle kann man zwar nicht ohne weiteres als Scheiben bezeichnen, aber auf Grund der Ähnlichkeit ihrer Form mit einer Scheibe kann man doch nach den Überlegungen von POHL folgern. Schließlich bestätigen die hier vorliegenden Ergebnisse die Auffassung von POHL. Die Diagramme der AB-Ebenen zeigen, daß in der Salzach mit wenigen Ausnahmen fast alle Gerölle gegen die Fließrichtung geneigt sind; diese Tatsachen wurden auch schon bei den Gefügemessungen im Gelände beobachtet. Die Ausnahmen haben offensichtlich mit der Geröllform wenig zu tun, sondern sind auf die gegenseitige Beeinflussung der Gerölle zurückzuführen. Es wurde nämlich häufig, v. a. in sandarmen, schlecht sortierten Schottern, beobachtet, wie kleinere Gerölle oft so eng zwischen den größeren Geröllen eingezwängt sind, daß sie kaum mehr von nachträglicher Strömung beeinflußt werden konnten. Dies kommt besonders klar im Diagramm 1d zum Ausdruck, wo man deutlich sieht, daß die AB-Ebenen der kleinsten Gerölle die weiteste Streuung zeigen und auch gleichzeitig am steilsten geneigt sind.

c) Die Horizontalschichtung (Diagramm 1e)

Die Entstehung der bereits erwähnten, großen, horizontal ge-

schichteten Sandbank läßt sich in ihrer Anlage gut erkennen. Diese Sandbank wurde in der Salzach dort abgelagert, wo der Fluß gerade S 80° E verläuft und eine kleine Ausbuchtung nach S zeigt. Auf Grund der Vielzahl der Schichtungsugen darf man annehmen, daß der Aufbau der Sandbank über mehrere Jahre dauerte. Nach der Lage der Sandbank über dem Wasserspiegel muß auch angenommen werden, daß ihr Aufbau in die Hochwasserzeiten fällt. Die Schichtung selbst geht auf die verschiedenen Wasserstände und Strömungsgeschwindigkeiten, die während der Hochwasserperioden herrschten, zurück.

Das Diagramm zeigt deutlich, daß die Einfallrichtung dieser Horizontalschichtung genau senkrecht zur Fließrichtung der Salzach an dieser Stelle steht.

C. Die Isen

Die Untersuchung des Isen-Schotter erfolgte ca. 1 km NNE Obersteinhöring, dort wo die Isen etwa 1 km geradlinig nach N 85° E fließt. Die Messungen fanden bei Niederwasser statt, da bei normaler Wasserführung die Meßstellen unter Wasser liegen.

1. Transportkraft und Ablagerungsbedingungen

Der Lauf der Isen ist kürzer als der der Salzach, sie führt auch weniger Wasser und hat nicht so viele Zuflüsse wie die Salzach. Die Schwankungen ihrer Wasserführung hängen im Gegensatz zur Salzach von lokalen Witterungsverhältnissen ab. Hochwasserstände stellen sich nur im Frühjahr nach der Schnee- und Eisschmelze der Umgebung ein, oder unmittelbar nach örtlichen starken Regenfällen. Solche Hochwasserperioden kommen ziemlich rasch und sind verhältnismäßig kurzfristig. Die Transportkraft und die Ablagerungsbedingungen unterscheiden sich also erheblich von denen der Salzach. Die durchschnittliche Hochwassertiefe der Isen bei Stegmühle lag zwischen 1951 und 1960 bei ca. 2,80 m, und die durch-

schnittliche Geschwindigkeit bei ca. 1,20 m/sec. Bei normaler Wasserführung wurde eine Durchschnittstiefe von ca. 0,53 m bei einer Geschwindigkeit von durchschnittlich 0,60 m/sec. gemessen. Bei Niederwasser beträgt die Durchschnittstiefe ca. 0,10 m und die Geschwindigkeit ca. 0,30 m/sec. Vergleicht man diese Werte mit den Werten von SCHLEICHER (s. Tabelle 1, S. 16) und HJULSTROM (s. Abb. 4, S. 17), so sieht man, daß bei Hochwasser Gerölle mit einem Durchmesser > 32 mm verfrachtet werden können, während bei normaler Wasserführung Teilchen kaum größer als 4,0 mm bewegt werden. Außerdem erkennt man aus den Tabellen von SCHLEICHER und HJULSTROM, daß bei Normalwasserstand nur Komponenten transportiert werden, die nicht größer als 1,5 mm sind. Die groben Gerölle, die im Flußbett liegen (Maximum $23 \times 12 \times 8$ cm) können folglich nach den obigen Angaben nur zu Zeiten starker Hochwasserführung befördert werden.

2. Die maximalen Geröllgrößen

Im Isen-Schotter bei Oberst Anhöring kommen Geröllmaxima mit einem mittleren Achsenwert (geometrisches Mittel der drei morphologischen Achsen) von $K = 13,0$ cm ($23 \times 12 \times 8$ cm) vor. Solche Korngrößen sind nicht selten, werden aber nur während extremer Hochwasserzeiten geschüttet bzw. in Bewegung gebracht.

3. Die Gefügemessungen (Tafel 2, Diagramm a - d)

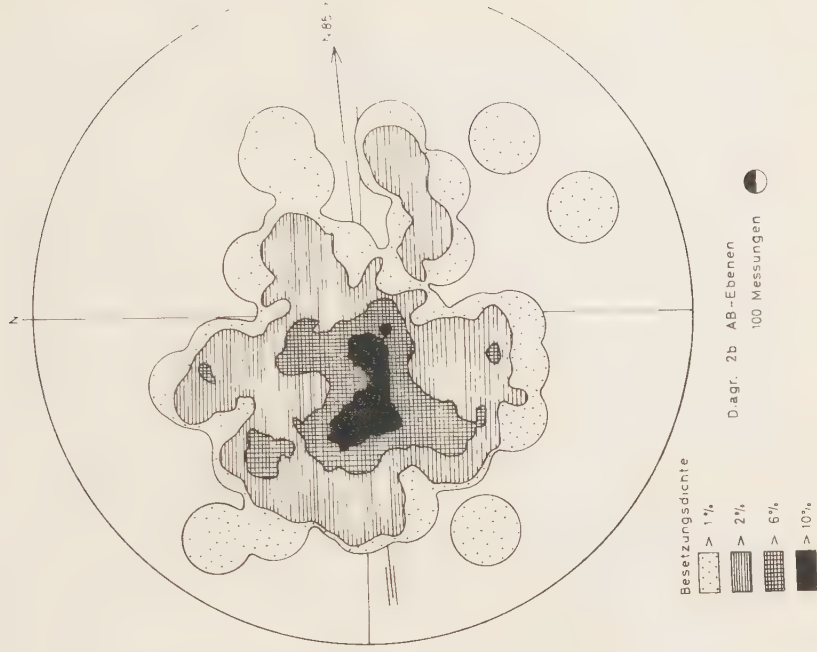
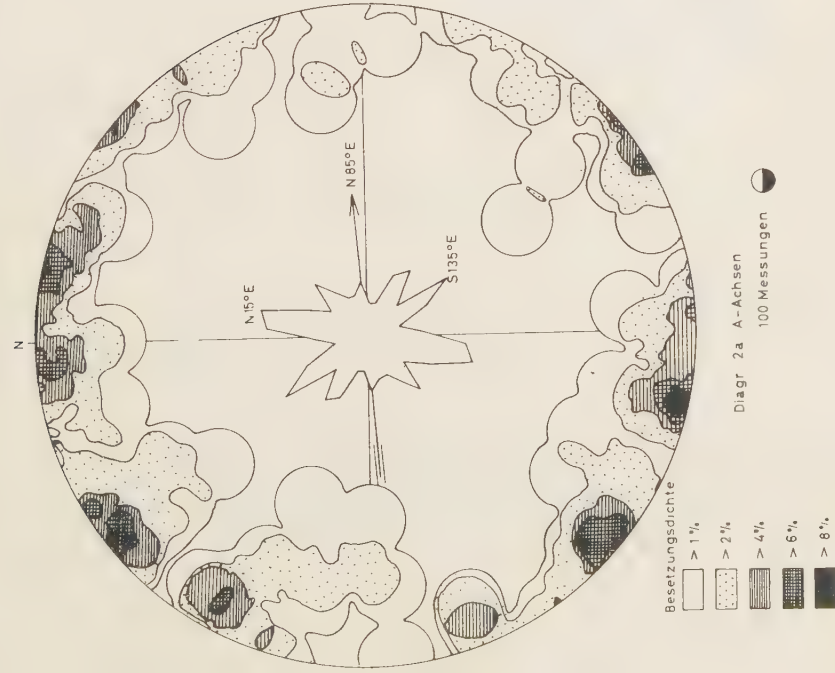
a) Orientierung der Gerölle

a1) Die A-Achsen (Diagramm 2a)

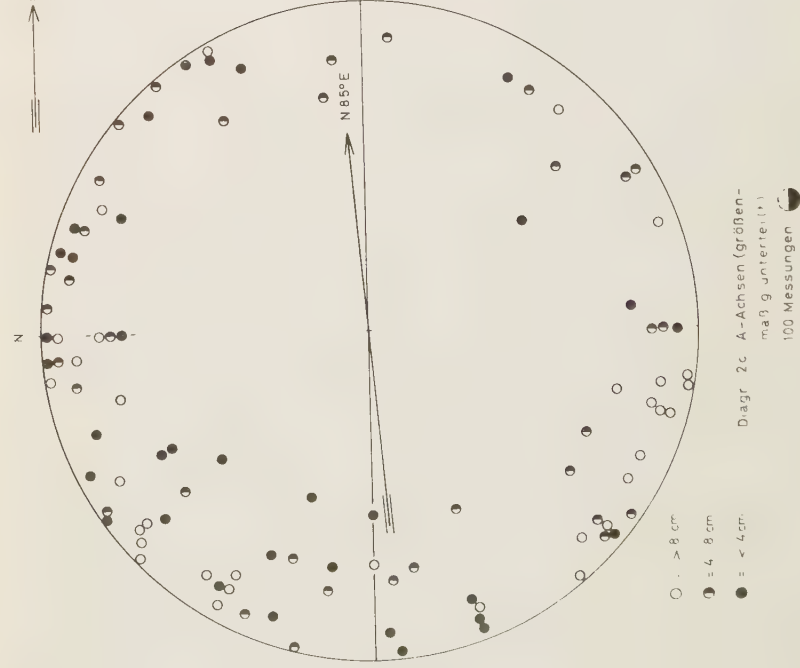
Das Diagramm resultiert aus den Ergebnissen von zwei Meßstellen mit je 50 eingemessenen Geröllen, wobei je eine Meßstelle am linken bzw. rechten Ufer liegt. Die Fließrichtung der Isen an dieser Stelle ($N 85^{\circ} E$) ist wiederum im Diagramm durch einen Pfeil gekennzeichnet. Die Richtungsrose zeigt die Lage der Bereiche der Besetzungsdichten im Vergleich zur Fließrichtung an.

TAFEL 2 Die Isen

Stromrichtung N 85° E



● = untere Halbkugel
 ○ = obere Halbkugel
 → = Schüttungsrichtung



Der größte Bereich maximaler Besetzungsdichte ($>8\%$) liegt bei $S\ 15^\circ\ W$ und bildet mit der Fließrichtung des Flusses einen Winkel von 70° . Die Neigungen der Maxima sind gering. Das durchschnittliche Einfallen beträgt 3° nach S. Ein zweites, kleineres Maximum befindet sich bei $N\ 35^\circ\ W$. Der Winkelunterschied zwischen dem Maximum und der Fließrichtung ist hier 60° . Die durchschnittliche Geröllneigung innerhalb des Bereiches liegt bei ca. 6° , ist also etwas steiler als beim Hauptmaximum. In beiden Fällen liegen die Maxima hauptsächlich in der Westhälfte der Lagenkugel. Bemerkenswert ist auch die Tendenz aller Besetzungsdichten zu einer Neigung nach W.

a2) Die Abhängigkeit der Orientierung der A-Achsen von den Geröllgrößen (Diagramm 2c)

Bei den Geröllmessungen an der Isen wurden die Gerölle größenmäßig wie bei den Messungen an der Salzach unterteilt: 1-4 cm, 4-8 cm und > 8 cm.

Die Gerölle > 8 cm zeigen zwei bevorzugte Lagen im Diagramm. Die vorherrschende Orientierung dieser Gerölle ist fast senkrecht zur Schüttungsrichtung (47%), an zweiter Stelle ist die Einordnung schräg zur Stromrichtung (28%). Die letztgenannten Gerölle neigen sich nach NW, also gegen die Stromrichtung.

41% der Gerölle zwischen 4-8 cm sind ziemlich ohne Regel im Diagramm verstreut. 31% der Gerölle dieser Größenordnung bevorzugen eine Lage senkrecht und 28% parallel zur Strömung.

Die Gerölle der Fraktion 1-4 cm sind am schlechtesten orientiert. Im allgemeinen läßt sich eine geringe Tendenz der Orientierung senkrecht zur Schüttungsrichtung erkennen.

Die Neigungswinkel der A-Achsen stehen wie bei der Salzach in deutlicher Beziehung zur Geröllgröße. Die Gerölle > 8 cm zeigen die geringsten Neigungen mit einem Durchschnittswert von 10° ; ihr höchstes Einfallen beträgt 34° . Die Gerölle zwischen 4-8 cm

haben eine durchschnittliche Neigung von 14° mit einem maximalen Einfallen von 40° . Die kleinsten Gerölle, 1-4 cm, zeigen das größte durchschnittliche Einfallen mit 16° und eine maximale Neigung von 45° .

a3) Die AB-Ebenen (Diagramm 2b)

Das Diagramm für die größten Geröllquerschnitte zeigt eine zwar beachtliche Streuung der AB-Ebenen, doch ist immerhin eine Tendenz erkennbar, daß sich alle Besetzungsdichten gegen die Schüttungsrichtung neigen. Das Maximum fällt genau gegen die Strömung ein mit Geröllneigungen zwischen 5 und 28° . Die zwei kleineren Besetzungsdichten ($>1\%$ und $>2\%$) weisen auf eine Lage der AB-Ebenen quer zur Stromrichtung. Teile der Bereiche dieser Besetzungsdichten befinden sich in der Osthälfte der Pollage und weisen auf eine Neigung mit der Strömung.

a4) Die Abhängigkeit der Orientierung der AB-Ebenen von den Geröllgrößen (Diagramm 2d)

Im Diagramm ist die Abhängigkeit der Geröllorientierung von der Größe der einzelnen Gerölle sehr deutlich. Man sieht z.B., daß die Gerölle > 8 cm am besten orientiert sind, und zwar gegen die Schüttungsrichtung der Isen. 50% dieser Gerölle fallen gegen die Stromrichtung und 38% fallen quer zur Stromrichtung ein. Nur 12% (2 Gerölle) neigen sich mehr oder minder mit der Strömung.

Die Gerölle der Größenordnung 1-4 cm zeigen eine weniger einheitliche Orientierung. Sie bevorzugen eine Lage quer zur Schüttungsrichtung nach NE. Ungefähr 24% fallen gegen die Strömung und 18% fallen mit der Strömung ein.

Die größte Streuung haben die Gerölle der Größenordnung 4-8 cm. Nur 15% neigen sich gegen die Stromrichtung. 18% sind mehr oder weniger mit der Strömung geneigt.

Auch die Einfallsgrade der Gerölle hängen deutlich von den Ge-

röllgrößen ab, und zwar zeigen die Gerölle > 8 cm im allgemeinen die kleinste Neigung mit einem Durchschnittswert von 27° . Die maximale Neigung dieser Gerölle beträgt 64° . Die kleineren Gerölle sind im Vergleich zu den großen steil geneigt. Die Gerölle zwischen 1-4 cm und 4-8 cm zeigen durchschnittliche Neigungen von 36° bzw. 38° . Die maximale Neigung der Gerölle zwischen 4-8 cm wurde bei 71° gemessen und für die Gerölle zwischen 1-4 cm bei 78° . Die durchschnittliche Neigung der gesamten gemessenen AB-Ebenen beträgt 34° .

4. Die Deutung der Diagramme

a) Die A-Achsen (Diagramm 2a und 2c)

Im Gegensatz zur Salzach sind die Zeiten des Hochwassers der Isen, wie erwähnt, von lokalen Wetterbedingungen abhängig. Während der relativ kurzen Dauer des Hochwassers, v.a. des extremen Hochwassers, findet die Hauptschüttung des Schotters statt.

Die A-Achsen sind hier vorwiegend senkrecht zur Schüttungsrichtung der Isen orientiert. Nur wenige Gerölle sind parallel zur Schüttungsrichtung ausgerichtet. Dadurch erkennt man, daß die Schüttung bzw. die Stromstärke so rasch abnahm, daß die Gerölle wenig Gelegenheit hatten, sich noch parallel zur Stromrichtung einzuordnen. Es ist aber aus Diagramm 2a auch zu ersehen, daß die Gerölle des größten Maximums nicht ganz genau senkrecht zur Stromrichtung liegen. Das zweitgrößte Maximum liegt noch etwas schräger. Daß die Gerölle beider Maxima sich deutlich gegen die Stromrichtung neigen, ist aus dem Diagramm ersichtlich. Nach POHL (s.S. 24, Abschn. b) erkennt man daraus ein beginnendes Streben der A-Achsen zur Einordnung parallel zur Schüttungsrichtung mit einer entgegengesetzten Neigung.

Es ist bemerkenswert, daß vor allem die größten Gerölle am einheitlichsten orientiert sind (Diagramm 2c). Die beiden Maxima stellen nämlich hauptsächlich die Gerölle > 8 cm dar. Man darf

wohl annehmen, daß die größeren und damit schwereren Gerölle stabiler im Flußbett liegen und den einregelnden Einflüssen der schlagartigen und turbulenten Wasserzufuhr besser widerstehen als die kleineren Gerölle. Im Diagramm sieht man ferner: je kleiner die Gerölle, desto weniger geregelt ist ihre Orientierung im Flußbett. Die steile Neigung dieser kleinen Gerölle kann wiederum so gedeutet werden, daß sie durch das Korngerüst der größeren Gerölle ihre Endlage vorgeschrieben erhalten; sie können nur steil geneigt an den großen Geröllen abgelagert werden, ohne von der einregelnden Kraft des fließenden Wassers orientiert zu werden.

b) Die AB-Ebenen (Diagramm 2b und 2d)

Die asymmetrische Lage der größten Besetzungsdichte im Diagramm 2b ist auf Dachziegellagerung zurückzuführen. Die Orientierung der AB-Ebenen zeigt trotz der raschen Abnahme der Wasserführung eine bevorzugte Neigung gegen die Schüttungsrichtung. Es kann allerdings nicht übersehen werden, daß die Richtungen der AB-Ebenen, wie auch die der A-Achsen, verhältnismäßig weit streuen.

Die Gerölle der Fraktion > 8 cm sind vorwiegend bei flachem Einfallen gegen die Schüttungsrichtung orientiert. Die kleineren Gerölle zeigen die weiteste Streuung sowie das größte Einfallen. Auch dieser Befund bestätigt die Auffassung, daß größere Gerölle wegen ihres größeren Gewichts stabiler im Flußbett lagern als die kleineren. Die kleineren nämlich erleben bis zum Ende der Wasserführung offensichtlich noch einen gleitenden Transport. Dabei kann wiederum festgestellt werden, daß das steile Einfallen der AB-Ebenen der kleineren Gerölle bedingt ist durch ihre Einlagerung zwischen den größeren Geröllen.

III. Gefügeuntersuchungen in dem Südlichen Vollschotter und der Hangendserie

A. Alter und Ausbildung

Der SVS und die darüberliegende HGS bilden die jüngsten, tertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse in Niederbayern. Zahlreiche Fossilfunde erlaubten R. DEHM (1951) die altersmäßige Einstufung des Schotter um die Wende Miozän/Pliozän (oberstes Sarmat/unterstes Pont).

Bei einer ersten Betrachtung erscheint der SVS zunächst als ein massig gelagertes Sediment. Bei seinem näheren Studium erkennt man jedoch eine ausgeprägte Wechsellagerung von groben und weniger groben Geröllen mit zahlreichen Einschaltungen von kleinen, dünnen Sandlinsen und Sandschnüren. Diese sind 30 - 40 cm mächtig und selten über 5 m lang. Die Sortierung des Schotter ist wechselhaft und ändert sich von Ort zu Ort.

Der Kies der HGS hat meistens eine feinere Körnung und eine bessere Sortierung als der Kies des SVS. Kennzeichnend ist immer die Wechsellagerung von Sand und Kies, wobei in den obersten Partien der HGS der Sandanteil in der Regel zunimmt. Die Sandlagen in der HGS sind meist weniger als 10 m lang und 0,5 - 1,0 m mächtig und keilen dann aus. Nur gelegentlich kommen bis über 40 m lange und 4 m mächtige Sandbänke vor. An manchen Stellen kommen auch Mergel- und Tonlagen in der HGS vor.

Der SVS und die HGS unterscheiden sich zwar voreinander, trotzdem ist es oft schwierig, allein auf Grund der oben angeführten Unterschiede, eine Grenze zwischen SVS und HGS zu ziehen. Nur in einzelnen Gebieten erlauben Sedimentationsunterbrechungen eine sichere Trennung. Eine stratigraphische Grenze liegt ohnehin nicht zwischen dem SVS und der HGS, da die beiden Schichtglieder zum selben Schüttungszyklus gehören.

GRAUL (1939) erkannte, daß der SVS und die HGS sich auf Grund ihrer petrographischen Bestandteile nicht unterscheiden. Beide sind alpiner Herkunft. GRAUL wies nach, daß die Pseudotachylite, Gneise und Quarzphyllite aus der kristallinen Zentralzone der Alpen, und zwar von der Silvretta, stammen. Serpentin, Ankeritphyllit und bestimmte Gneise weisen auf die östlich des Brenners gelegenen Gebiete des Zentralgneises und ihrer Schieferhülle hin.

Die Mächtigkeit des SVS kann im größten Teil seines Verbreitungsgebietes nicht erfaßt werden, da die Morphologie eine Beobachtung seiner Unterkante nicht zuläßt; die Mächtigkeit beträgt aber mindestens bis zu 50 m. Die HGS erreicht eine feststellbare Mächtigkeit von über 110 m.

Die Aufschlüsse sind durch das gesamte Untersuchungsgebiet für den Zweck dieser Arbeit günstig verbreitet und waren im allgemeinen gut zugänglich.

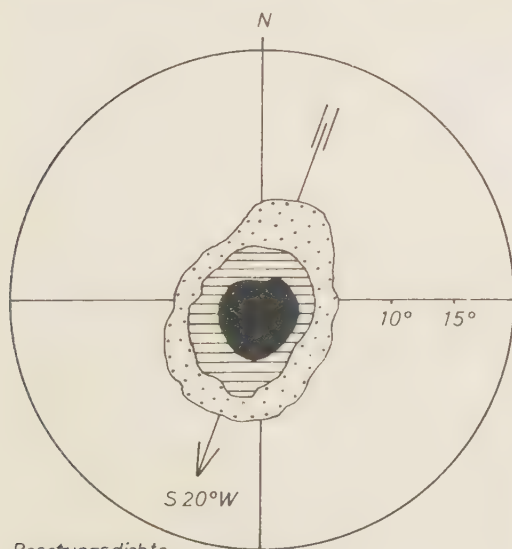
B. Tektonik

Auf Grund früherer Arbeiten durften im Verbreitungsgebiet des SVS und der HGS Äußerungen regionaler Hebungen und Senkungen und damit eine Verkipfung der Schichten zu erwarten sein. Die Erfassung dieser eventuellen Schichtverkipfungen war nötig, um korrekte Ergebnisse aus der Gefügeanalyse zu erhalten, da die durch statistische Analyse gefundenen Ergebnisse der Geröll- und Schichtorientierung durch starke Änderungen der ursprünglichen Lagerung wesentlich beeinflußt, wenn nicht völlig verfälscht werden.

Es war auch zu erwarten, daß die tektonischen Bewegungen u.a. die Lagerungsverhältnisse zwischen dem SVS und der HGS beeinflussen würden.

Im Verbreitungsraum kommen, wie schon erwähnt, gelegentlich Ton- und Mergelbänke vor, die auf Grund ihrer Mächtigkeit (bis zu 6 m) auf eine Ablagerung in ruhigem Wasser hinweisen. Diese Vorkommen sind häufig deutlich geschichtet. Zur Zeit der Sedimentation war ihre Schichtung naturgemäß horizontal. Durch die tektonischen Vorgänge bedingte Abweichungen von der Horizontalen lassen sich genau einmessen. Wo die Verhältnisse es zuließen, wurden im Untersuchungsgebiet solche Stillwasserschichten eingemessen (s.S.8). Die Schichtoberflächen konnten in den meisten Fällen so glatt freigelegt werden, daß mit einer fast 100%igen Meßgenauigkeit gerechnet werden kann.

Ein Beispiel der Stillwasserschichtmessungen ist in Abbildung 5 dargestellt. Die 100 Messungen wurden im südlichen Teil des Ge-



Besetzungsdichte

 > 3%

 > 30%

 > 60%

100 Schichtmessungen

Obere Halbkugel

 = Einfalls-
richtung

Abb. 5:

Darstellung der Still-
wasserschichtmessungen
zwischen Inn und Rott

bietes zwischen Winhöring und Perach in dem "Grenzmergel" (LUNT, 1961) durchgeführt, der in diesem Gebiet eine deutliche Trennung zwischen dem SVS und der HGS ermöglicht.

Die kompakte und konzentrische Ausbildung des Diagramms deutet auf eine allgemein übereinstimmende Neigungstendenz der Schichten, und zwar schwach nach S 20° W mit einem durchschnittlichen Einfallen von $3,1^{\circ}$.

Größere, geschichtete Ton- und Mergelvorkommen sind leider im Untersuchungsraum des SVS und der HGS nicht genügend verbreitet, um die Tektonik des Gebietes mit dieser Methode vollständig zu erfassen. Im N- und NW-Teil des Areals, nördlich der Rott, kommen relativ weit verbreitete, ziemlich horizontbeständige, mergelige und sandige Ton- und Schlufflagen vor, die nach G. BLÜMEL (1962) und G. MÜLLER (1963) auch hier die Grenze zwischen dem SVS und der HGS bilden. Diese Lagen sind dünner als die südlich der Rott (selten über 2 m) und sind meistens ungeschichtet. Die Korrelation dieser Vorkommen läßt jedoch ein geringes Ansteigen dieses Bezugshorizontes von S nach N deutlich erkennen. In einer Reihe von Aufschlüssen nördlich der Rott bei Eggenfelden zum Beispiel, treten die mergeligen, sandigen Tonlagen immer wieder bei ca. 425 m NN auf. Bei Peterskirchen, 4 km weiter im N, liegen sie bei ca. 450 m NN. Der Höhenunterschied von 25 m über eine Entfernung von 4 km bedeutet ein Ansteigen von ca. $0^{\circ}23'$. BLÜMEL (1962) beschrieb zwei Tiefbohrungen in diesem Gebiet: bei der einen, in Eggenfelden, wurde die Obergrenze der Süßwasserschichten durch Fossilfunde bei ca. 375 m NN festgestellt, bei der zweiten, etwa 10 km weiter nach N im mittleren Zeller Bachtal (in einer Linie mit Peterskirchen) konnte sie ähnlicherweise bei ca. 400 - 410 m NN gefunden werden. Es ergibt sich für diese ansteigenden Schichten zwischen den beiden Bohrungen ein Neigungswinkel von ca. $0^{\circ}26'$; das ist ein Winkelmaß, das ungefähr dem entspricht, das oben schon errechnet wurde.

BLÜMEL konnte auch östlich von Eggenfelden ein Ansteigen des

"Grenzmergels" feststellen. Er schreibt: "Ein Profil zwischen Eggenfelden und Pfarrkirchen verfolgt als Bezugshorizont den Grenzmergel, der in diesem Bereich ziemlich gleichförmig ausgebildet ist. Es zeigt, daß auf einer Entfernung von 3,5 km die Grenze SVS/HGS um mehr als 30 m ansteigt." Dieser Höhenunterschied ergibt ebenfalls einen Winkel von ca. $0^{\circ}30'$. Es handelt sich hier also offensichtlich um die nördliche Ausdehnung einer zwischen Perach (östlicher Rand Positionsblatt Winhöring 650) und Gern (westlicher Rand Positionsblatt Wurmannsquick 623) schon festgestellten Störung (STIEFEL, 1957, LUNT, 1961).

Nach MÜLLER (1963) ist im Gebiet des Bina-Baches ein Ansteigen des Grenzmergels von SE nach NW zu erkennen. In der Gegend des Bina-Rott-Zusammenflusses wurde auf Grund der Lage der Grenzmergelvorkommen die Grenze SVS/HGS bei ca. 425 m NN und bei Gangkofen, ca. 10 km weiter im WNW, bei 446 m NN festgestellt. Das Verhältnis der Höhenlage zur Entfernung bildet einen Winkel von $0^{\circ}9'$. MÜLLER vermutete, daß dieser Höhenunterschied auch durch eine Störung verursacht wurde, und zwar durch den Landshut-Neuöttinger Abbruch (O. HEERMANN, 1954, M. MAYR, 1957, C. K. LUNT, 1961).

Ob der oben erwähnte Höhenunterschied des Grenzmergels und der Süßwasserschichten durch Hebung, bzw. Senkung, Störungen oder Störung mit gleichzeitiger Verkipfung der Schichten verursacht wurde, spielt in Bezug auf die folgende Gefügeanalyse keine Rolle; die errechneten Neigungswinkel sind nämlich zu gering, um die Ergebnisse der Geröll- und Schichtmessungen negativ zu beeinflussen.

C. Die Stoffeigenschaften

Wie bereits erwähnt, ist zur vollständigen Erfassung des Gefüges eines Sediments die Untersuchung der Stoffeigenschaften er-

forderlich. Die Stoffeigenschaften nämlich beeinflussen die Lagerung und die Orientierung der Sedimentbestandteile, und die an einer bestimmten Stelle auftretenden Stoffeigenschaften hängen darüber hinaus in erster Linie von der Wasserführung ab. Kurz gesagt, die statistische Auswertung der Stoffeigenschaften führt zu wichtigen und zuverlässigen Rückschlüssen auf die Entstehung und Ablagerungsbedingungen eines Sediments. Gleichzeitig lassen sich aus den Stoffeigenschaften charakteristische Merkmale eines Sediments (wie Korngrößenverteilung, Sortierung usw.) ermitteln, die sich wiederum von den charakteristischen Merkmalen anderer Sedimente unterscheiden lassen. Unter diesen Gesichtspunkten wurden daher in der vorliegenden Arbeit die Ergebnisse der eingehend untersuchten Stoffeigenschaften als erstes Hilfsmittel zur Unterscheidung des SVS von der HGS herangezogen.

Zur Orientierung über die regionale Verteilung der Aufschlüsse und ihrer Höhenlagen wurde das Arbeitsgebiet in Abbildung 6 dargestellt (s.S. 36a).

1. Die Korngrößenverteilung

Die Korngrößenverteilung, ermittelt durch Siebanalyse, ergibt zunächst die Hauptcharakteristik eines klastischen Sediments. In der vorliegenden Arbeit wurde die Korngrößenverteilung der 26 untersuchten Aufschlüsse in Gewichtsprozenten ausgedrückt und zur Veranschaulichung der Unterschiede von Aufschluß zu Aufschluß in Summenkurven dargestellt. Die folgenden Ergebnisse beruhen auf den Daten von 212 Siebanalysen.

a) Der Kiesanteil

a1) Korngrößenverteilung

Die Korngrößenverteilung des Kiesanteils im SVS und der HGS läßt zwei unterschiedliche Gruppen von Summenkurven erkennen. Zur einen gehört der grobe Kies des SVS (s.Abb. 7, S. 37) und zur anderen der feine Kies der HGS (s.Abb. 8, S. 37).



Auf Grund der Summenkurven gehören alle Aufschlüsse unter 4,5 m NN zum SVS, mit Ausnahme eines Aufschlusses im NW-Teil des Un-

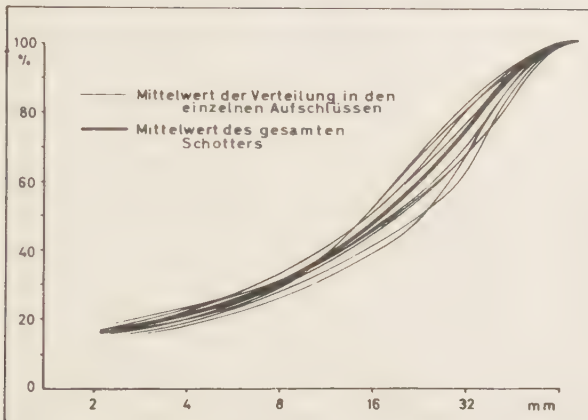


Abb. 7: Summenkurve der Korngrößenverteilung des Kiesanteils des SVS
tersuchungsgebietes (Aufschluß Nr. 3, s. Abb. 6) und zwei Aufschlüssen in Oberösterreich (Aufschlüsse Nr. 8 und 22 b).

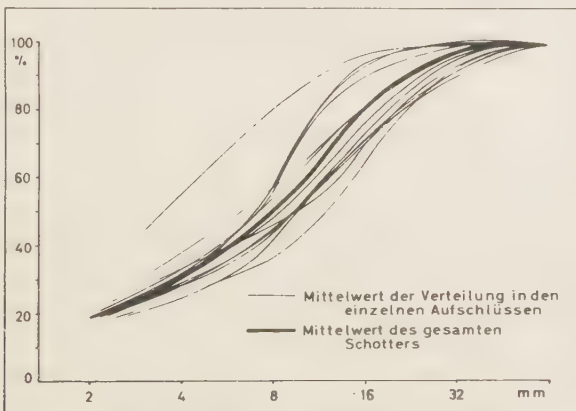


Abb. 8: Summenkurve der Korngrößenverteilung des Kiesanteils der HGS
Zur HGS gehören, mit nur zwei Ausnahmen (Aufschlüsse Nr. 12 und

Nr. 15), auf Grund der Korngrößenanalyse alle Aufschlüsse über 425 m NN.

Die Unterschiede in der Korngrößenverteilung des SVS und der HGS sind am deutlichsten in Abb. 9 zu sehen, in der die Mittelwerte

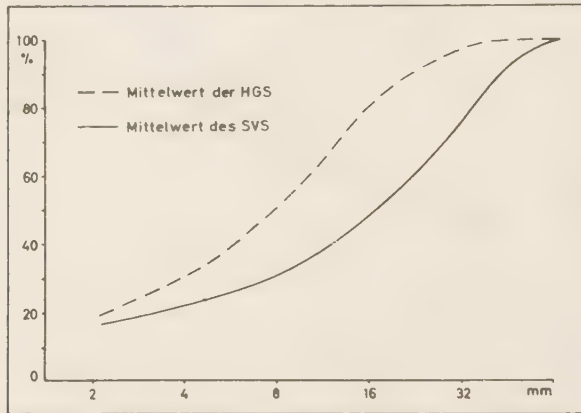


Abb. 9: Summenkurven der Mittelwerte aus Abb. 7 und Abb. 8, S. 37

der Summenkurven von Abb. 7 und 8 wiedergegeben sind. Es überwiegen bei dem SVS in erster Linie Gerölle der Kornfraktion 16-32 mm mit 28% und >32 mm mit 24%. Bei der HGS dagegen herrschen die Kornfraktionen < 4 mm mit 31% und 8-16 mm mit 30% vor (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Die prozentuale Verteilung der Korngrößen des SVS und der HGS

Kornfraktion in mm	Durchschnl. Gewichtsprozent d. Korngrößen	
	SVS	HGS
> 32	24	4
16 - 32	28	15
8 - 16	17	30
4 - 8	9	20
< 4	22	31

So eindrucksvoll die Unterschiede der Summenkurven des SVS und der HGS auch sind, sollen sie doch noch nicht allein als Kriterium für eine Trennung dieser Schichtglieder herangezogen werden. Es mußte vielmehr noch geprüft werden, ob und inwieweit die Merkmale der übrigen Stoffeigenschaften weitere Daten für eine sichere Trennung von SVS und HGS liefern.

a2) Die mittleren Korngrößen

Aus den Siebanalysen, die an jeder Meßstelle im Aufschluß durchgeführt wurden, konnte je Meßstelle ein mittlerer Korngrößenwert (M) berechnet werden (s.S. 10, Abschn. a1). Die mittleren Korngrößen ergeben nicht nur wertvolle Aussagen über die Sedimentationsänderungen von Meßstelle zu Meßstelle innerhalb eines Aufschlusses, sondern auch über den Wechsel der Transport- und Ablagerungsvorgänge von Aufschluß zu Aufschluß. Die mittlere Korngröße muß daher als eine der wichtigsten Charakteristiken eines klastischen Sediments betrachtet werden.

Tabelle 2 zeigt, daß das Größenintervall der herrschenden Kornfraktion der HGS bedeutend breiter ist als das des SVS. Für die HGS herrschen meistens Korngrößen zwischen < 4 mm und 8-16 mm vor, während beim SVS die Fraktionen 16-32 mm und > 32 mm am häufigsten vertreten sind.

Bei der statistischen Auswertung der Siebanalyseergebnisse wurde erkannt, daß die mittleren Korngrößen (M) innerhalb der individuellen Aufschlüsse sehr ähnliche Werte ergaben, d.h. die sämtlichen mittleren Korngrößenwerte weichen, abgesehen von nur zwei Ausnahmen, um kaum mehr als 0,3 cm voneinander ab. Es erwies sich daher als möglich und zweckmäßig, einen durchschnittlichen Mittelwert (M_m) für jeden Aufschluß zu errechnen, ohne irreführende Daten zu erhalten.

Die mittleren Korngrößen (M -Werte) der als Ausnahme erwähnten Aufschlüsse Nr. 11a und b und Nr. 22a und b waren so verschieden, daß es unumgänglich war, diese beiden Vorkommen durch je zwei M_m -

Werte zu repräsentieren: a steht für die oberen und b für die unteren Partien. Die M_m -Werte jedes Aufschlusses wurden in Tabelle 3 eingetragen.

Tabelle 3: Die Verteilung der mittleren Korngrößen (M_m) des SVS und der HGS (SVS unterstrichen)

Aufschl. Nr.	mNN	M_m (cm)	Aufschl. Nr.	mNN	M_m (cm)
<u>1</u>	395	2,6	14	440	1,6
<u>2</u>	395	2,3	15	425	1,7
<u>3</u>	440	3,2	16	430	1,2
4	430	1,7	10	430	1,5
5	445	1,5	19	465	1,1
<u>6</u>	420	2,7	20	500	1,2
7	430	1,3	21	435	1,0
<u>9</u>	470	2,3	22a)	510	1,5
9	432	1,6	22b)	500	2,0
<u>10</u>	410	2,1	<u>23</u>	363	2,1
11a)	460	2,2	24	465	1,6
<u>11b)</u>	425	2,5	25	440	1,3
12	300	1,7	26	445	2,0
13	430	1,2			

Um die Daten dieser Tabelle zu veranschaulichen, wurden sie graphisch in Abb. 10, Seite 41, dargestellt. Auf grund ihrer M_m -Werte ergeben sich für die Aufschlüsse drei deutlich getrennte Zonen: unter 425 m NN, zwischen 425 und 470 m NN und über 470 m NN. Im Bereich unter 425 m NN kommen hohe M_m -Werte vor, die auf eine Zugehörigkeit des Vorkommens zum SVS hinweisen. Wie bei der Korngrößenverteilung, so scheint auch hier Aufschluß Nr. 12 wegen seiner verhältnismäßig geringen mittleren Korngröße ($M_m = 1,7$ cm) nicht mit den übrigen Vorkommen dieses Höhenbereiches übereinzustimmen. Zwischen 425 und 470 m NN deuten die meisten Aufschlüsse eine Zugehörigkeit zur HGS an. Aber auch hier, wie bei den Ergebnissen der Korngrößenverteilung, zeigt es sich, daß Aufschluß Nr. 3 trotz seiner Lage im Höhenbereich von 425 - 470 m NN in

Anbetracht seiner Korngrößen dem SVS zugeordnet werden sollte. Sein M_m -Wert (3,2 cm) ist sogar noch größer als das größte Vor-

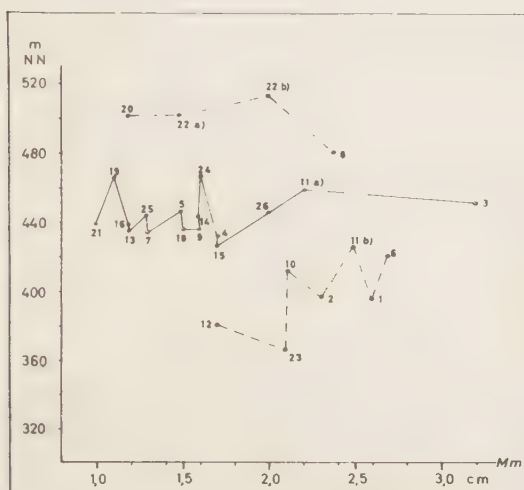


Abb. 10: Graphische Darstellung des Verhältnisses der mittleren Korngrößen zur Höhenlage

- M_m = Durchschn. mittlere Korngröße pro Aufschluß
- 8 = Nummer des Aufschlusses
- = Verbindungslinie der Aufschlüsse über 470 m NN
- = Verbindungslinie der Aufschlüsse zwischen 425 – 470 m NN
- - - - = Verbindungslinie der Aufschlüsse unter 425 m NN

kommen unter 425 m NN ($M_m = 2,7$ cm). Aufschluß Nr. 11a, dessen Summenkurve auf HGS deutet, zeigt dagegen eine mittlere Korngröße, die normal ausgebildetem SVS entspricht. Über 470 m NN stimmen die M_m -Werte aller Vorkommen mit den Ergebnissen der Korngrößenverteilung überein.

Für den SVS wurde ein durchschnittlicher M-Wert von 2,4 cm errechnet und für die HGS von 1,5 cm.

a3) Die Sortierung

Nach der Korngrößenverteilung eines Schotters ist seine Sortierung eine weitere wichtige Charakteristik. Sie wurde aus den Summenkurven bestimmt. P. D. TRASK (1932) definiert die Sortierung (So) durch den Ausdruck

$$So = \sqrt{Q3/Q1}.$$

Q3 und Q1 geben diejenigen Größen an, unterhalb welcher 75 bzw. 25% der Probe liegen. Nach TRASK ergibt sich folgende Sortierung:

So = < 2,5 - gute Sortierung,
 So = 3,0 - normale Sortierung,
 So = > 4,5 - schlechte Sortierung.

Tabelle 4: Sortierung des SVS und der HGS

Aufschl. Nr.	Durchschn.-So- Werte		Aufschl. Nr.	Durchschn.-So- Werte	
	SVS	HGS		SVS	HGS
1	2,43		13		2,27
2	2,46		14		2,26
3	2,37		15		2,56
4		2,04	16		2,44
5		2,47	18		1,80
6	2,40		19		1,81
7		2,66	20		1,80
8	2,33		21		1,95
9		3,35	22a		2,82
10	2,97		22b	2,80	
11a		2,03	23	2,20	
11b	2,86		24		2,43
12		2,56	25		2,12
			26		2,83

Die durchschnittlichen So-Werte der einzelnen Aufschlüsse wurden in Tabelle 4 eingetragen. Die Zuordnung der Aufschlüsse zum SVS und zur HGS erfolgte auf Grund der Ergebnisse der Korngrößenverteilung. Der Gesamtmittelwert So der Aufschlüsse des SVS ist 2,54

und der HGS $So = 2,34$. Nach TRASK handelt es sich bei beiden Schottertypen um gut sortiertes Material. Die HGS aber zeigt eine etwas bessere Sortierung als der SVS.

Die Abhängigkeit des Sortierungsgrades von der Grobkörnigkeit des Schotters wird in Abb. 11 verdeutlicht. Als Maßstab für die allgemeine Grobkörnigkeit wurden die Werte der mittleren Korngrößen für jedes Vorkommen (M_m) verwendet. Obwohl die in der

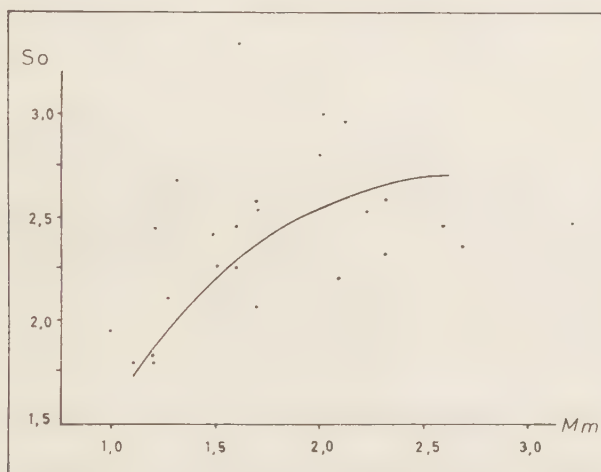


Abb. 11: Das Verhältnis der Sortierung (So) zur Grobkörnigkeit (M_m)

Darstellung eingetragenen Punkte etwas verstreut liegen, ist die Abhängigkeit der Sortierung von den Geröllgrößen doch erkennbar: je größer der Schotter, desto schlechter zeigt sich die Sortierung.

b) Der Sandanteil

b1) Die Korngrößenverteilung

Während die Korngrößenverteilung des Kiesanteils für den SVS und die HGS charakteristische Summenkurven ergab, so läßt die Korn-

größenverteilung ihres Sandzwischenmittels keine unterschiedlichen Summenkurven erkennen. Auf Grund der Korngrößenverteilung des Sandzwischenmittels waren daher der SVS und die HGS nicht voneinander zu unterscheiden.

Die Gewichtsprozentage der Korngrößen wurden in Abb. 12 dargestellt. Wegen der Ähnlichkeit der Summenkurven der einzelnen Aufschlüsse wurden nur fünf repräsentative Kurven ausgewählt. Ein typisches

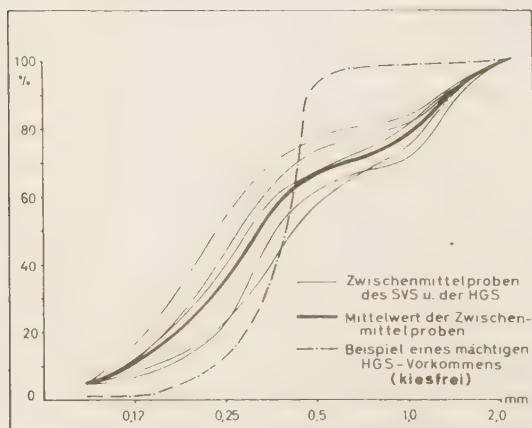


Abb. 12:

Die Korngrößenverteilung
des Sandanteils des SVS
und der HGS

Beispiel der großen Sandvorkommen ohne Kies (s. Aufschluß Nr. 17, S. 70) wurde zum Vergleich mit dem Sandzwischenmittel ebenfalls in Abb. 12 eingetragen. Man erkennt, daß ein beachtlicher Unterschied zwischen der Korngrößenverteilung der kiesfreien Vorkommen und der des Zwischenmittels des Schotters besteht. Merkwürdig beim Sandzwischenmittel ist der geringe Anteil an Körnern zwischen 0,5 und 1,0 mm (s. Tabelle 5, S. 45), während die Fraktionen 0,12 - 0,25, 0,25 - 0,5 und 1,0 - 2,0 mm ziemlich gleichmäßig vertreten sind. Die kiesfreien Vorkommen dagegen bestehen überwiegend aus Körnern zwischen 0,25 und 0,5 mm. Es zeigt sich ein Mangel an Körnern < 0,12 und > 0,5 mm.

Tabelle 5: Prozentuale Verteilung der Korngrößen des Zwischenmittels und der kiesfreien Vorkommen

Kornfraktion in mm	Durchschnittliche Gewichtsprozent der Korngrößen	
	Sandzwischenmittel	Kiesfreie Vorkommen
< 0,12	11	1
0,12 - 0,25	25	12
0,25 - 0,5	31	80
0,5 - 1,0	7	6
1,0 - 2,0	26	1

b2) Die Sortierung

Der Sortierungsgrad des Sandzwischenmittels des SVS und der HGS beträgt 6,43; das ist nach TRASK ein sehr schlecht sortiertes Material. Die kiesfreien Vorkommen der HGS dagegen haben einen sehr niedrigen Sortierungsgrad von 1,38; sie sind also sehr gut sortiert.

2. Das Verhältnis von Kies zum Sandzwischenmittel

Aus der Korngrößenverteilung der Schotterproben läßt sich das Gewichtsverhältnis von Kies zu Sandzwischenmittel ausrechnen. Dieses Verhältnis wurde nach K. SUTTLER (1962) als der K-S Wert bezeichnet. Je größer der K-S Wert, desto weniger Zwischenmittel ist im Schotterverband vorhanden.

Das Verhältnis Kies zu Sandzwischenmittel ist für diese Arbeit besonders wichtig. Bedenkt man nämlich, daß mit einem Nachlassen der Transportkraft weniger Kies, dafür aber mehr Sand abgelagert wird, dann wird man auch jene Grenze erkennen, an der sich der K-S Wert unterhalb der Grenze des SVS und oberhalb der Grenze der HGS charakterisiert. Gleichzeitig dienen die Resultate zur Kontrolle der Untersuchungsergebnisse der anderen Stoffeigenschaften.

Der SVS zeigt einen durchschnittlichen K-S Wert von 3,7, während der der HGS 2,1 beträgt. Die durchschnittlichen K-S Werte aller Aufschlüsse mit ihren entsprechenden Höhenlagen wurden in Tabelle 6 eingetragen. Zur besseren Veranschaulichung wurden diese Daten in Abb. 13, Seite 47 graphisch dargestellt.

Tabelle 6: Die K-S Werte des SVS und der HGS (SVS unterstrichen)

Aufschl. Nr.	mNN	K-S	Aufschl. Nr.	mNN	K-S
<u>1</u>	395	3,5	14	440	2,5
<u>2</u>	395	4,3	15	425	2,3
<u>3</u>	440	4,3	16	430	1,7
4	430	2,9	18	430	2,1
5	445	2,6	19	465	1,4
<u>6</u>	420	3,5	20	500	2,4
7	430	1,6	21	435	0,8
8	470	3,3	22a)	510	1,6
9	432	2,9	<u>22b)</u>	500	3,3
<u>10</u>	410	3,1	<u>23</u>	363	3,6
11a)	460	2,0	24	465	2,1
<u>11b)</u>	425	4,0	25	440	1,6
12	380	2,4	26	445	2,9
13	430	1,7			

Die Ergebnisse der K-S Verhältnisse stimmen mit denen der mittleren Korngrößenverteilung überein. Es lassen sich nämlich in der Darstellung die K-S Werte in zwei Gruppen einteilen. Die eine Gruppe umfaßt alle Aufschlüsse mit einem K-S Wert < 2,9, die zweite Gruppe alle Aufschlüsse mit einem Wert > 3,1. Die Vorkommen der ersten Gruppe liegen über 425 m NN mit Ausnahme des schon erwähnten Aufschlusses Nr. 12, der sich im SW-Teil des Verbreitungsgebietes befindet. Die Aufschlüsse mit K-S Werten > 3,1 dagegen liegen, mit Ausnahme von den in Oberösterreich auftretenden Vorkommen (Aufschluß Nr. 8 und 22b) und Aufschluß Nr. 3 im

NW-Teil des Untersuchungsgebietes, unter 425 m NN.

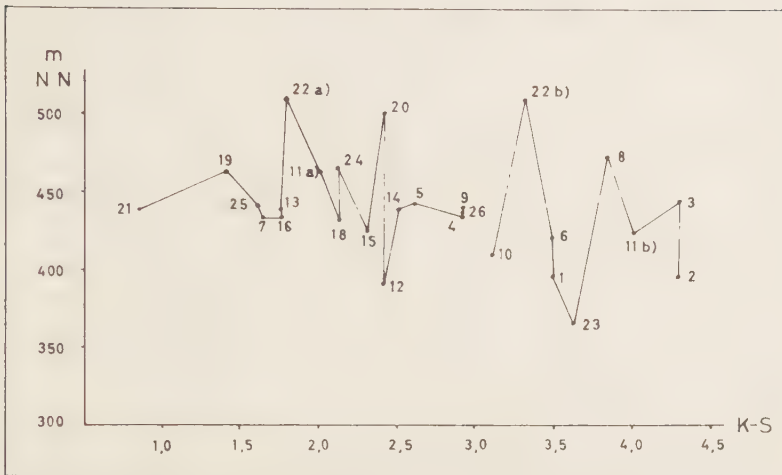


Abb. 13: Graphische Darstellung des Verhältnisses der K-S Werte zur Höhenlage

K-S Wert = Gewichtsverhältnis Kies zu Sandzwischenmittel

*3 = Nummer des Aufschlusses

Das K-S Verhältnis hängt deutlich von der Grobkörnigkeit des Schotters ab: Je größer der Schotter, desto weniger Zwischen-

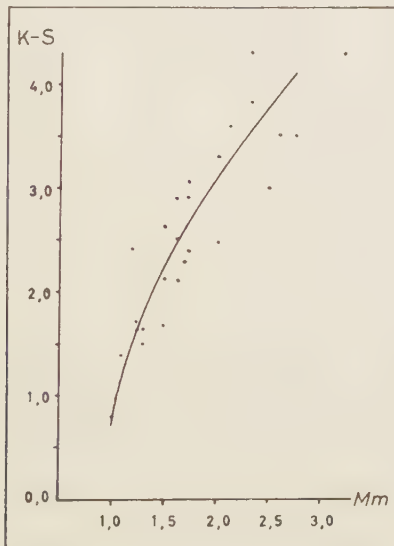


Abb. 14:

Das Verhältnis des K-S Wertes zur Grobkörnigkeit des Schotters

K-S = Gewichtsverhältnis von Kies zu Sandzwischenmittel

Mm = Mittlere Korngröße

mittel und umgekehrt. Dieses enge Verhältnis zeigt sich in Abb. 14 sehr deutlich, in der die Grobkörnigkeit des Schotters durch die mittlere Korngröße (M_m) dargestellt ist.

3. Die maximalen Geröllgrößen

In den meisten Aufschlüssen kommen einige Gerölle vor, die beträchtlich größer sind als die normalen, großen Gerölle. Teilweise liegen sie im Schotterverband regellos verstreut, zum größten Teil aber kommen solche extremen Größen in mehr oder weniger gut erkennbaren Schnüren vor, deren Deutlichkeit und feststellbares Ausmaß von dem Winkel abhängt, in dem das Aufschlußprofil die Schichten anschneidet.

Für die im Aufschluß gemessenen Gerölle (s.S. 10, Abschn. b) wurden die annähernden Volumen nach der Methode von WENTWORTH (s. KRUMBEIN u. PETTICORN, 1938) auf Grund des geometrischen

Tabelle 7: Die K_m Werte des SVS und
der MGS (SVS unterstrichen)

Aufschl. Nr.	K_m	K_m (cm)	Aufschl. Nr.	K_m	K_m (cm)
<u>1</u>	350	5,30	14	440	6,44
<u>2</u>	355	12,36	15	425	5,37
<u>3</u>	440	11,37	16	430	5,31
4	430	5,94	18	430	5,75
5	445	7,51	19	465	4,66
<u>6</u>	420	12,61	20	500	3,90
7	430	6,93	21	435	6,53
<u>8</u>	470	12,88	22a)	510	12,76
9	432	8,92	22b)	500	12,97
<u>10</u>	410	10,80	23	363	12,76
11a)	460	5,7	24	465	5,67
<u>11b)</u>	425	10,75	25	440	5,58
12	300	5,30	26	445	10,40
13	430	4,43			

Mittels (K) ihrer Achsenlängen errechnet (s.S. 18, Abschn. 2).

Die durchschnittlichen Mittelwerte pro Aufschluß (K_m) wurden in Tabelle 7 (s.S. 48) mit ihren entsprechenden Höhenlagen eingetragen. Um dieses Verhältnis zu verdeutlichen, und um einen Vergleich der Untersuchungsergebnisse der Geröllmaxima mit den Untersuchungsergebnissen der mittleren Geröllgrößen einerseits, sowie mit denen des Kies-Sandzwischenmittel-Verhältnisses andererseits zu ermöglichen, wurden diese Daten wiederum in Abb. 15 dargestellt.

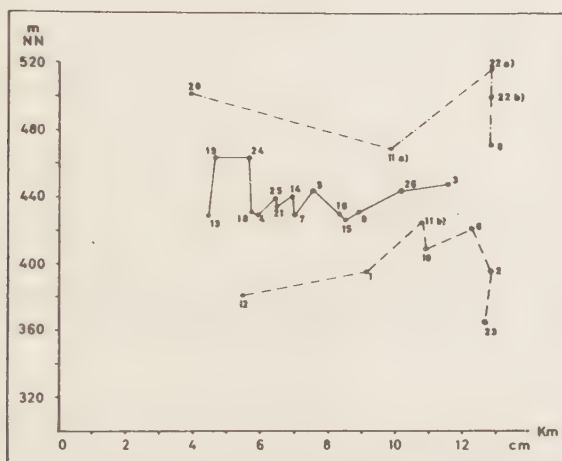


Abb. 15: Graphische Darstellung des Verhältnisses der Geröllmaxima zur Höhenlage

K_m = Durchschnittlicher Mittelwert pro Aufschluß für die Volumen der Geröllmaxima

*4 = Nummer des Aufschlusses

----- = Verbindungslinie der Aufschlüsse über 470 m NN

———— = Verbindungslinie der Aufschlüsse zwischen 425 - 470 m NN

.... = Verbindungslinie der Aufschlüsse unter 425 m NN

Die maximalen Geröllgrößen verhalten sich im allgemeinen ähnlich wie die mittleren Geröllgrößen: zu bestimmten Höhenlagen im Profil gehören ganz gewisse K_m -Werte, und zwar lassen sich die ein-

zelnem Aufschlüsse wiederum zu drei Gruppen zusammenfassen. Der K_m -Wert des Aufschlusses Nr. 12 ($K_m = 5,38$ cm) ist wiederum wesentlich kleiner als die der anderen Vorkommen unter 425 m NN. Aufschluß Nr. 3 (440 m NN) hat ebenfalls einen Wert, der den Vorkommen unter 425 m NN entspricht. Lediglich Aufschluß Nr. 22a ($K_m = 12,76$ cm) stimmt nicht ganz mit den Ergebnissen der M_m - und K-S Verhältnisse überein. Seine Position in der graphischen Darstellung, bzw. sein hoher K_m -Wert, entspricht dem größten Vollschotter.

Für den SVS errechnete sich ein durchschnittlicher mittlerer Achsen-Wert von $K = 10,69$ cm, für die HGS $K = 7,08$ cm.

4. Die Korneigenschaften

Die Korneigenschaften beziehen sich auf die Charakteristik der einzelnen Gerölle. Geröllform und Abrundungsgrad bestimmen im wesentlichen diese Korneigenschaften.

Obwohl Form und Abrundung voneinander unabhängig sind, werden sie in der Literatur häufig miteinander verwechselt (R. D. RUSSEL u. R. E. TAYLOR, 1937). Die Form eines Gerölls wird durch das Verhältnis seiner drei morphologischen Achsen zueinander bestimmt, während sich die Abrundung lediglich auf den Zustand seiner Ecken und Kanten bezieht. Geometrische Körper, wie Würfel, Tetraeder usw., können den gleichen Abrundungsgrad zeigen, ohne daß ihre geometrische Form sich ändert. Geröllform und Geröllabrundung müssen demnach getrennt behandelt werden.

a) Die Geröllform

Die Orientierung eines Gerölls wird wesentlich durch seine Form bestimmt. Daher ist es äußerst wichtig, daß außer der Einmessung der räumlichen Lage der Gerölle des untersuchten Schotterverbandes auch die Geröllform erfaßt wird (s.S. 11, Abschn. c und c1).

Für die Untersuchung der Geröllform liegt die Klassifikation von Th. ZINGG (1935) zu Grunde, der die Formen in vier Klassen unterteilt (s. Tabelle 8). Klasse I schließt abgeglättete oder schei-

Tabelle 8: Formklassen nach ZINGG

I	$b/a > 2/3$	$c/b < 2/3$	scheibenähnlich
II	$b/a > 2/3$	$c/b > 2/3$	sphärisch
III	$b/a < 2/3$	$c/b < 2/3$	tafelig
IV	$b/a < 2/3$	$c/b > 2/3$	stengelig

a, b, c = Längen der drei morphologischen Achsen der Gerölle

benähnliche Gerölle ein, deren A- und B-Achsen gleich- oder fast gleichlang sind, und deren C-Achsen im Verhältnis sehr kurz sind. Zur Klasse II gehören sphärische oder kugelnähnliche Gerölle; die drei morphologischen Achsen der Gerölle dieser Gruppe sind alle gleich oder zumindestens fast gleich. Zur Klasse III gehören tafelige Gerölle, deren A-, B- und C-Achsen verschieden groß sind, und Klasse IV umfaßt die stengeligen Gerölle. Die B- und C-Achsen der Gerölle dieser letzten Gruppe sind gleich- oder fast gleichlang und die A-Achsen sind im Verhältnis dazu sehr lang.

Der Untersuchung der Geröllform liegen 270 Proben aus Aufschlüssen des SVS und der HGS zugrunde (s. Tabelle 9, S. 52). Die stengeligen Gerölle (Klasse IV) überwiegen in fast allen Aufschlüssen; 51% aller untersuchten Gerölle gehören zu dieser Klasse. An zweiter Stelle stehen die tafeligen Gerölle (Klasse III), diese allerdings nur mit 20%. Die sphärischen (Klasse II) und scheibenähnlichen (Klasse I) Gerölle sind mit 15 bzw. 14% der gesamten Proben fast gleich häufig vertreten.

Das Vorherrschen der stengeligen Gerölle ist auf die Transportbedingungen zurückzuführen. Da ursprünglich bei fast allen Geröllen eine Achse länger war als die anderen beiden, wurden die Gerölle schon am Anfang der Verfrachtung im Wasser um diese längere Achse gerollt (s. Geröllorientierung - Isen, S. 26-28). Daraus ergab sich, daß diese Drehachse am wenigsten beansprucht wurde,

während sich die kleineren Achsen durch Reibung und Abschleifen im Verhältnis zur Längsachse noch verkürzten. Auf diese Weise wurde durch langen Transport der "Stengeligkeitsgrad" mancher Gerölle sehr hoch.

Tabelle 9: Die Geröllform des SVS und der HGS (SVS unterstrichen)

Aufschl. Nr.	Anzahl der Gerölle der Formklassen nach ZINGG				Aufschl. Nr.	Anzahl der Gerölle der Formklassen nach ZINGG			
	I	II	III	IV		I	II	III	IV
<u>1</u>	-	1	-	9	15	1	1	-	8
<u>2</u>	3	-	3	4	16	1	-	3	6
<u>3</u>	1	1	3	5	13	-	4	1	5
4	-	4	2	4	19	2	2	2	4
5	2	1	2	5	20	-	2	3	5
<u>6</u>	2	4	1	3	21	-	1	4	5
7	4	1	2	3	22a	2	1	-	7
<u>8</u>	1	1	3	5	<u>22b</u>	3	1	1	5
9	2	3	2	3	<u>23</u>	2	-	4	4
<u>10</u>	2	-	2	6	24	1	-	3	6
11a	-	4	3	3	25	2	2	1	5
<u>11b</u>	-	3	-	7	26	1	2	3	4
12	1	-	3	6	<u>Zw. Summe</u>	22	26	28	74
13	1	3	-	6	<u>Summe</u>	37	42	53	138
14	3	-	2	5	<u>Anteil in %</u>	14	15	20	51
<u>Zw. Summe</u>	22	26	28	74					

Zusammenfassend kann man sagen, daß sich die Gerölle der HGS ihrer Form nach nicht von denen des SVS unterscheiden, was auf die gleichen Transportbedingungen für Klein- und Grobkies zurückzuführen ist.

b) Die Abrundung

Schon im Gelände wurden je Meßstelle 50 Gerölle nach der Methode von CHABAKOW in fünf Rundungsklassen eingestuft (s.S. 11 u. 12). Um einen repräsentativen, durchschnittlichen Wert für die Run-

derung der Gerölle zu erhalten, wurde die folgende Gleichung angewandt:

$$R = \frac{a0 + bI + cII + dIII + eIV}{50} \times 25 (\%)$$

wobei 0, I, II, III und IV die fünf Rundungsklassen, und a, b, c, d und e die Zahl der Gerölle (insgesamt 50) der entsprechenden Abrundungsklassen darstellen. Der Rundungsgrad (R) wird in Prozenten ausgedrückt. Ein R-Wert von 0% bedeutet keine Abrundung, das Geröll hat nur scharfe Ecken und Kanten, während bei 100% die Abrundung vollendet (sphärisches Geröll) ist. Für die Bestimmung der Abrundung wurden in 26 Aufschlüssen 94 Schotterproben bzw. 4700 Gerölle untersucht (s. Tabelle 10, s. 54).

In den untersuchten Schottern kommen keine Gerölle vor, die zu den Rundungsklassen 0 und I gehören. Völlig eckige Gerölle sind zwar vorhanden, aber sie sind durch Verwitterung in situ gespalten und durften deswegen nicht berücksichtigt werden. Es überwiegen Klasse II mit 31,9% und Klasse III mit 59,8%. Die Gerölle der Rundungsklasse IV treten im Verhältnis sehr selten auf. Sie betragen nur 8,3% der gesamten Proben.

Die Abrundung der Gerölle hängt nicht von der Größe der Gerölle ab, sondern von ihrer Härte und Löslichkeit, der Dauer des Transports und der Entfernung, über welche sie transportiert wurden. Am besten abgerundet sind Karbonate, die aber im Schotterverband relativ selten vorkommen. Weniger gerundet sind die kristallinen Gerölle, z.B. Gneis-Gerölle. Die Quarze zeigen eine unterschiedliche Abrundung; sie sind in der Hauptsache weniger gerundet als die Karbonate und kristallinen Gerölle. Da die Quarze in den untersuchten Schottern vorherrschen, haben sie den größten Einfluß auf den allgemeinen Rundungsgrad. Der durchschnittliche Rundungsgrad für die untersuchten Schotter beträgt $R = 69,3\%$. Diese Zahl entspricht einer Abrundung zwischen Rundungsklassen II und III.

Auf Grund des Rundungsgrades (SVS: $R = 68,7\%$; HGS: $R = 69,0\%$) ist keine Unterscheidung der zwei Schottereinheiten möglich. Dies war

Tabelle 10: Geröllrundung des SVS und der HGS nach CHABAKOW

Nr.	O	I	II	III	IV	R(%)	R _m (%)	Nr.	O	I	II	III	IV	R(%)	R _m (%)
<u>1</u>	-	-	20	24	6	68,0	65,0	13	-	-	10	39	1	70,5	69,5
	-	-	25	24	1	64,0			-	-	12	38	0	69,0	
	-	-	24	25	1	63,5			-	-	14	33	3	69,5	
	-	-							-	-	12	37	1	69,5	
<u>2</u>	-	-	25	25	0	62,5	62,8	14	-	-	16	33	1	67,5	67,8
	-	-	31	18	1	60,0			-	-	12	38	0	69,0	
	-	-	25	20	5	65,0			-	-	15	35	0	67,5	
	-	-	25	25	0	62,5			-	-	17	32	1	67,0	
	-	-	28	22	0	61,0		15	-	-	9	38	3	72,0	69,9
	-	-	19	31	0	65,5			-	-	11	37	7	70,5	
<u>3</u>	-	-	35	14	1	58,0	58,0		-	-	15	32	3	69,0	
	-	-	40	10	0	55,0			-	-	14	32	4	68,0	
	-	-	32	14	4			16	-	-	22	26	2	65,0	66,3
4	-	-	12	30	8	73,0	74,5		-	-	17	31	2	67,5	
	-	-	4	41	5	75,5		18	-	-	11	32	7	73,0	71,7
5	-	-	17	26	7	70,0	68,6		-	-	15	29	6	70,5	
	-	-	20	21	9	70,5		19	-	-	15	27	8	71,5	70,5
	-	-	13	28	9	73,0			-	-	18	31	1	71,5	
	-	-	20	22	8	69,0			-	-	20	23	7	68,5	
<u>6</u>	-	-	16	28	6	70,0	67,6	20	-	-	18	30	2	67,0	68,1
	-	-	16	22	12	73,0			-	-	16	29	5	69,5	
	-	-	21	24	5	67,0			-	-	23	27	0	63,5	
	-	-	23	23	4	65,5			-	-	9	38	3	72,5	
	-	-	19	28	3	67,0		21	-	-	16	32	2	68,0	68,5
	-	-	27	19	4	63,5			-	-	15	32	3	69,0	
7	-	-	25	23	2	63,5	62,6	22	-	-	6	39	5	74,5	75,1
	-	-	31	16	3	61,0			-	-	9	36	5	73,0	
	-	-	27	21	2	62,5			-	-	7	35	8	75,5	
	-	-	25	23	2	63,5			-	-	13	28	9	73,0	
<u>8</u>	-	-	7	36	7	75,0	75,3		-	-	8	33	9	75,5	
	-	-	9	31	10	75,0			-	-	3	36	11	79,0	
9	-	-	18	25	7	69,5	68,3	<u>23</u>	-	-	7	37	6	74,5	74,0
	-	-	10	37	3	71,5			-	-	5	37	8	76,5	
	-	-	19	28	3	66,0			-	-	10	36	4	72,0	
	-	-	15	34	1	68,0		24	-	-	12	32	6	72,0	73,6
	-	-	22	23	5	66,5			-	-	7	35	8	75,5	
	-	-	17	29	4	68,5			-	-	7	39	4	73,5	
10	-	-	5	35	10	77,5	73,3		-	-	9	35	6	73,5	
	-	-	7	36	7	75,0		25	-	-	14	30	6	71,0	71,6
	-	-	13	33	4	70,5			-	-	7	35	8	75,5	
	-	-	14	32	4	70,0			-	-	10	34	6	73,0	
11a	-	-	12	36	2	70,0	72,5		-	-	14	32	1	67,0	
	-	-	5	40	5	75,0		26	-	-	21	22	7	68,00	68,9
<u>11b</u>	-	-	20	30	0	65,0	66,3		-	-	19	20	11	71,0	
	-	-	15	35	0	67,5			-	-	15	35	0	67,5	
12	-	-	11	38	1	70,0	69,6		-	-	18	26	6	69,0	
	-	-	13	36	1	69,0									
	-	-	14	33	3	69,5									
	-	-	13	34	3	70,0									

Nr. = Nummer des Aufschlusses
O-IV = Abrundung
(SVS unterstrichen)

R(%) = Geröllrundungsgrad pro Mess-
stelle
R_m(%) = Mittlerer Geröllrundungsgrad
pro Aufschluss

allerdings zu erwarten, da trotz der unterschiedlichen Körnung des Schotters die Abschleifeinflüsse auf grobe und kleine Gerölle gleich stark einwirken.

5. Die Auswertung der Untersuchung der Stoffeigenschaften

Auf Grund der bisherigen Ergebnisse der Stoffeigenschaften war es möglich den SVS von der HGS zu unterscheiden. Kurz zusammengefaßt ergeben sich folgende Merkmalswerte:

	<u>SVS</u>	<u>HGS</u>
Vorherrschende Kornfraktionen:	16-32 mm > 32 mm	8-16 mm < 4 mm
Mittlere Korngrößen:	> 2,0 cm	< 2,0 cm
Maximale Geröllgrößen:	> 9,1 cm	< 8,9 cm
K-S Verhältnis:	> 3,1	< 2,9
Sortierung (Kiesanteil):	2,54	2,34
Sortierung (Sandzwischenmittel):	6,43	6,43
Rundungsgrad:	68,7%	69,0%
Geröllform:	Keine Unterschiede	

Bei der Beschreibung der Stoffeigenschaften wurde festgestellt, daß die gefundenen Unterschiede zwar meistens bei einer Höhenlage von 425 m NN auftreten, daß aber Abweichungen nach oben und unten vorkommen. Um diese zu erklären, und um die Lagerungsverhältnisse der Schotter zu verstehen, war es nötig, die geographische Lage der einzelnen Aufschlüsse im Verbreitungsgebiet zu betrachten und besonders auch die regionale Tektonik zu berücksichtigen (s. Abb. 6, S. 35a).

Betrachtet man zuerst die regionale Lage der Aufschlüsse Nr. 8 und 22b im S des Arbeitsgebietes, in Oberösterreich, so kann man zweifellos ihre Zugehörigkeit zum Munderfinger Schotter (dem SVS gleichzustellen) erkennen. Allerdings steht im Aufschluß Nr. 22a HGS an (510 m NN), die, mit Ausnahme des etwas groberen Schotters,

wie typische HGS im Molassebecken ausgebildet ist. Die Tatsache, daß die beiden erstgenannten Vorkommen nahe der distributiven Provinz gelegen sind, dürfte die relative Grobkörnigkeit und die, im Vergleich zum SVS weiter im NW, verhältnismäßig hohe Lage erklären.

Östlich einer Störungslinie zwischen Perach und Eggenfelden, im Gebiet der Hauptverbreitung des SVS und der HGS, konnte die Grenze SVS/HGS auf Grund der Untersuchung der Stoffeigenschaften ziemlich konstant bei 425 m NN festgestellt werden. Westlich dieser Linie fällt der SVS mit einer Neigung von ca. $3,1^{\circ}$ nach SW ein, bis er kurz vor Winhöring unter der Talsohle abtaucht. Aufschluß Nr. 12 (380 m NN) in diesem Gebiet besteht deswegen nur aus den feineren Ablagerungen der HGS.

Nordwestlich des Bina-Rott-Zusammenflusses steigt, wie schon erwähnt, der SVS wieder an. Daher zeigt Aufschluß Nr. 3 bei Gangkofen den Grobschotter des SVS bis zu 446 m NN.

D. Bestimmung der Schüttungsrichtung

1. Allgemeines

Die Analyse der Geröll- und Schichtorientierung rezenter Schotter im Verhältnis zur Fließrichtung ihrer Zubringer ergibt zuverlässige Anhaltspunkte für die Bestimmung der Schüttungsrichtung der untersuchten, tertiären Schotter.

Um die Schüttungsrichtung genau bestimmen zu können, müssen alle Gefügeelemente (die Längsachsen und größten Querschnitte der Gerölle, die Orientierung der Sedimentationskörper und die darin befindliche Feinschichtung) berücksichtigt werden. Frühere Bearbeiter erkannten schon, daß die Schüttung des SVS und seiner Hangendserie in das niederbayerische Molassebecken durch ein kompli-

ziertes, verzweigtes Flußsystem erfolgte. Es war daher für die genaue Verfolgung des allgemeinen Transportweges wesentlich, daß möglichst viele Gefügeuntersuchungen durchgeführt wurden. Da kein Zweifel darüber besteht, daß der SVS und die HGS ausschließlich alpiner Herkunft sind (GRAUL, 1939), war es nicht die Hauptaufgabe dieser Arbeit, festzustellen, von wo das untersuchte Material herkommt; es war vielmehr die Frage, auf welchem Weg und unter welchen Bedingungen das Material transportiert worden ist, und ob ein Unterschied zwischen der Transportrichtung des SVS und der HGS zu erkennen ist.

2. Entstehung der Gefügeelemente

a) Die Geröllorientierung

Schon bei den Untersuchungen des Salzach- und Isenschotter wurde erkannt, daß die Geröllorientierung von verschiedenen Faktoren abhängig ist: von der Wassermenge, von der Geschwindigkeit und der Dauer der Wasserführung. Menge und Geschwindigkeit des Wassers bestimmen die Größe des transportierten Materials, die Dauer der Wasserführung wiederum bedingt die endgültige Lage der Gerölle.

Schließlich konnte bei der Untersuchung rezenter Schotter immer wieder beobachtet werden, daß bei langsamer Abnahme der Transportkraft die Längsachsen der Gerölle sich allmählich parallel zur Schüttungsrichtung einregeln; bei rascher Abnahme dagegen bleiben die Gerölle, vor allem die größten, quer zur Stromrichtung liegen. Es ist daher meistens nicht möglich, allein nach der Lage der A-Achsen die Schüttungsrichtung eines Flusses zu bestimmen. Nachdem aber die Schüttungsrichtung aus der Erfassung aller Gefügeelemente endgültig bestimmt ist, können an Hand der Orientierung der A-Achsen Rückschlüsse auf die Sedimentationsbedingungen gezogen werden.

Unter normalen Umständen sind die größten Geröllquerschnitte so

orientiert, daß eine sogenannte "Dachziegellagerung" oder schwache Kippung der Gerölle gegen die Schüttungsrichtung entsteht. Die Dauer der Wasserführung scheint bei dieser Orientierung keine wesentliche Rolle zu spielen. Es kommen allerdings manchmal Ausnahmen vor, die im Folgenden behandelt werden.

b) Die Horizontalschichtung

Unter Horizontalschichtung wird in dieser Arbeit das Aufeinanderfolgen von Schüttungskörpern verstanden. Obwohl diese Körper im Aufschluß horizontal erscheinen, liegen sie doch mehr oder weniger leicht gewölbt übereinander (s. Abb. 16) und verdanken ihre Entstehung folgenden Umständen:

Flüsse und Bäche bilden mit der Zeit in ihren Unterläufen alluviale Ebenen, ähnlich einem Flußdelta (F. H. LAHKE, 1952), die durch zahlreiche, kleine Kanäle und Rinnsale zerfurcht werden.

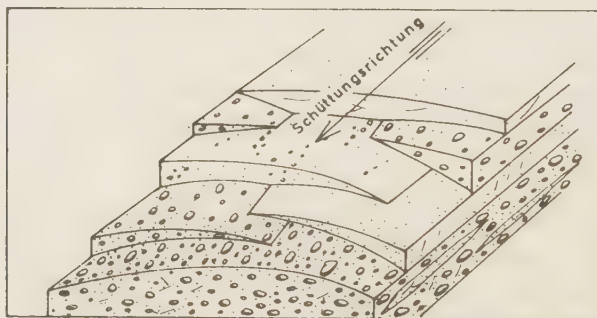


Abb. 16: Schematische Darstellung der Bildung von Schüttungskörpern mit Horizontalschichtung (Neigung der Schichtflächen etwas übertrieben)

Bei einer Abnahme der Wasserführung ragen dann längliche, inselartige Teile der Ebenen über den Wasserspiegel heraus. Das sind die sogenannten Schüttungskörper, die sich in der Fließrichtung erstrecken und durch das vorbeifließende Wasser sich in der Fließrichtung weiter bilden. Beim nächsten Hochwasser wird neues

Material herangeführt, das die ursprünglichen Schüttungskörper überlagert. Bei allmählicher Abnahme der Wasserführung, die teils durch Verlaufen des Wassers und teils durch Nachlassen des Hochwassers verursacht wird, werden wieder Rinnsale und Kanäle gebildet, die sich in die neuen Sedimente einschneiden. Dadurch entstehen über den alten neue, ebenfalls längsgestreckte, Schüttungskörper. Diese Vorgänge wiederholen sich immer wieder bis zum Ende des Schüttungszyklus.

Die so entstandenen Schüttungskörper erscheinen heute als Sand- und Kiesschnüre, -Linsen oder -Pakete etc. im Aufschluß. Die leicht gewölbten Oberflächen dieser Körper sind senkrecht zur Fließrichtung des ehemaligen Stromes geneigt.

c) Die Kreuzschichtung⁺)

In größeren Sandpaketen, die vor allem in der HGS vorkommen, ist gelegentlich ausgeprägte und daher leicht meßbare Kreuzschichtung zu finden; über die Entstehung von Kreuzschichtung wurde in der Literatur schon viel diskutiert.

Nach P. WURSTER (1958) z.B. entsteht eine Kreuzschichtung aus Schüttungskörpern, die in Stromrichtung wandern. Dabei treibt Sand über den Luvhang hinweg und lagert sich im Lee an. Schichtblatt legt sich über Schichtblatt; es entstehen kongruente Serien schräger Schichten. Die Schüttungskörper schieben sich dabei über den flachen Rücken ihres Vordermanns stromwärts, decken ihn immer mehr ein, und schließlich liegen sie in wohlgeordneter Folge übereinander, wie sie ursprünglich hintereinander gewandert waren.

Da also einzelne Schichtblätter der Kreuzschichtung in Fließrichtung geneigt sind, kommt man allein auf Grund der Kreuzschichtung zu zuverlässigen Aussagen über die Schüttungsrichtung des Sediments. Es wurde daher immer versucht, Aufschlüsse mit Kreuzschichtung zu bearbeiten, obwohl im Untersuchungsgebiet solche Vorkommen verhältnismäßig selten sind.

⁺) Der in dieser Arbeit verwendete Ausdruck "Kreuzschichtung" wurde aus dem Amerikanischen "cross-bedding" direkt übersetzt und ist dem Begriff "Schrägschichtung" (nach A.A.G. SCHIEFERDECKER, Geological Nomenclature Gornichem 1959) gleichbedeutend.

3. Beispiele zur Auswertung von Gefügediagrammen

Von den 26 untersuchten Aufschlüssen wurden fünf für eine Diskussion ausgesucht. Zwei Aufschlüsse sind repräsentative Beispiele für den SVS und zwei für die HGS; ein Aufschluß liegt in einem jener typischen, großen, kiesfreien Sandvorkommen der HGS mit weitgehender und sehr ausgeprägter Schrägschichtung. Die vorliegenden Diagramme sind Sammeldiagramme, d.h. sie sind aus zwei Einzeldiagrammen mit je 100 Messungen aus vier Meßstellen zusammengestellt.

a) Aufschluß Nr. 3 - SVS (Tafel 3, Diagramm a-d)

a1) Aufschlußbeschreibung

Nischenförmige, große Kiesgrube, 1,75 km ENE Gangkofen; GBl. Gangkofen 7541 (r 43 400; h 67 200); Höhe der Basis (HdB.) = 440 m NN; 18 m hoch, ca. 30 m lang und 15 m breit; Richtung des Aufschlußschnittes = N 10° W - S 10° E.
Anstehend: HGS und SVS. Gemessen wurde im SVS, da wegen der Höhe des Aufschlusses die oberen Partien (HGS) nicht zugänglich waren.

Profil:

458 - 448 m NN ---- Kleinkies: $M_m = 1,5$ cm, $K_m = 5,45$ cm, K-S Wert = 1,5; Wechsellagerung von Sand und Kies ausgeprägt. Sandzwischenmittel hauptsächlich zwischen 0,5 und 1,0 mm. Karbonate fehlen.

448 - 446 m NN ---- Glimmerreiche Sandbank mit ausgeprägter Kreuzschichtung, verdeutlicht durch sehr feine Glimmeranreicherungen und Fe-Mn Krusten.

- - - - - 446 m NN

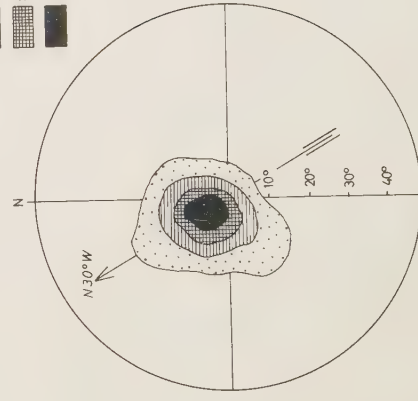
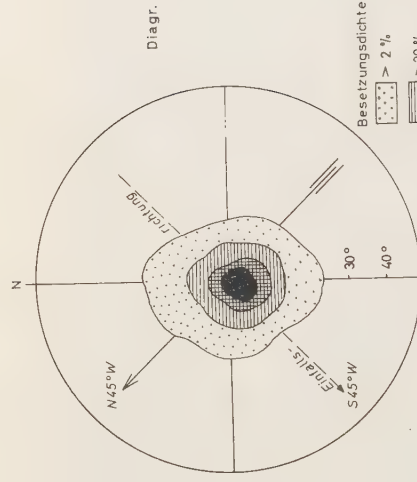
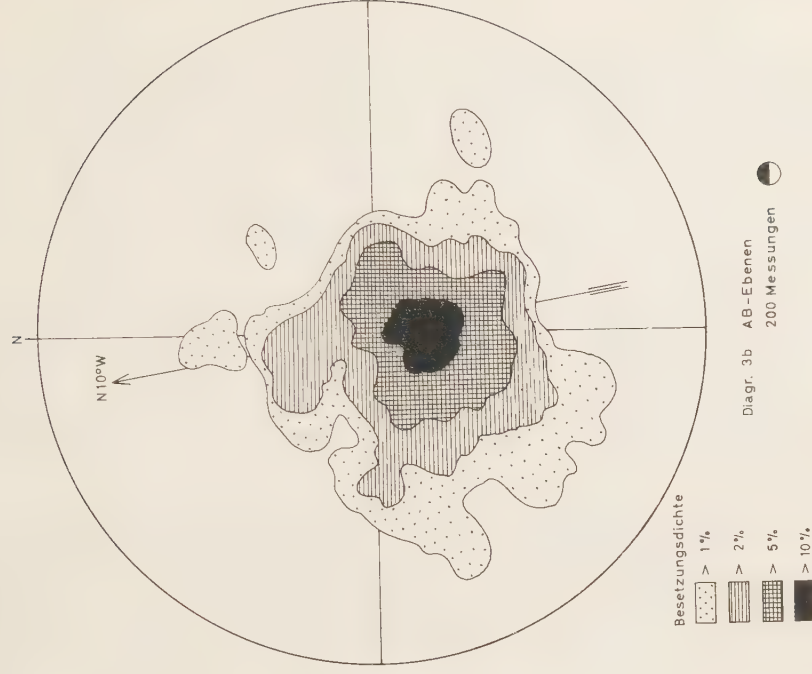
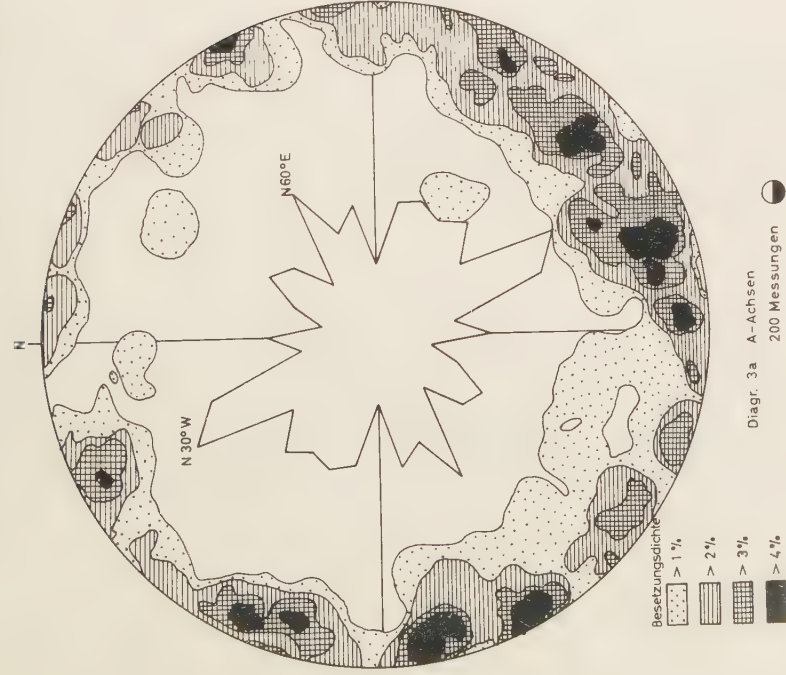
446 - 440 m NN ---- Grobkies: $M_m = 3,2$ cm, $K_m = 11,37$ cm, K-S Wert = 4,3. Kristalline Gerölle sowie manchmal Quarze durch Verwitterung leicht zerbrechlich. Zwischenmittel hauptsächlich 0,5 - 1,0 mm mit viel Verwitterungslehm. Karbonate fehlen.

a2) Die A-Achsen (Diagramm 3a)

Das Diagramm zeigt drei Zonen maximaler Besetzungsdichte. Die Hauptzone verläuft NNW - SSE. Die Richtungsrose oder Vektorsummen zeigen, daß der größte Prozentsatz der Gerölle mit ihren Längsachsen in Richtung N 30° W - S 30° E eingeregelt ist. Diese

TAFEL 3 Aufschluß Nr. 3

Schüttungsrichtung N30°W



Zeichenerklärung

● = untere Halbkugel

● = obere Halbkugel

→ = Schüttungsrichtung ermittelt aus den einzelnen Diagrammen

Gerölle sind vorwiegend nach SSE geneigt. Bei der maximalen Besetzungsdichte von 4% beträgt die durchschnittliche Neigung 13° . Nur wenige Gerölle sind in der entgegengesetzten Richtung geneigt und ihr durchschnittlicher Neigungsbetrag ist ca. 9° .

Der zweitgrößte Bereich maximaler Besetzungsdichte liegt im Diagramm bei N 60° E - S 60° W; er liegt also genau senkrecht zum Hauptmaximum. Wie beim Hauptmaximum, so liegen auch hier die Felder maximaler Besetzungsdichte in der südlichen Hälfte der Lagenkugel. Die Neigung dieser Gerölle beträgt durchschnittlich 5° . Die durchschnittliche Neigung der 200 eingemessenen Längsachsen beträgt ca. 7° ; die größte Neigung beträgt über 50° , wobei Gerölle mit diesem starken Einfallen recht selten sind.

Nach dem Diagramm zu schließen, sind die Gerölle entweder in einer NNW, SSE, ENE- oder WSW-Richtung geschüttet worden, da die A-Achsen diese Richtung bevorzugen. Weitere Aussagen über die Schüttung bzw. Schüttungsrichtung können aus dem Diagramm der A-Achsen allein nicht gemacht werden.

a3) Die AB-Ebenen (Diagramm 3b)

Das Diagramm zeigt deutlich, daß die größten Geröllquerschnitte überwiegend nach S einfallen. Die Gerölle des Bereichs maximaler Besetzungsdichte, sowie auch des 5% Bereichs, fallen nach S 10° E mit einer durchschnittlichen Neigung von ca. 13° ein. Das einheitliche Bild des Diagramms weist auf eine Dachziegellagerung und eine Schüttungsrichtung nach N 10° W.

Hinsichtlich der Ermittlung der Schüttungsrichtung stimmen Diagramme 3a und 3b miteinander überein. Die durch die AB-Ebenen ermittelte Schüttungsrichtung entspricht der Lage der nach NNW-SSE gerichteten A-Achsen. Der Winkelunterschied beträgt nur etwa 20° . Eine deutliche Ausdehnung der 1 und 2%igen Bereiche nach SW weist auf eine Übereinstimmung mancher AB-Ebenen mit den ENE-SW gerichteten A-Achsen.

a4) Die Horizontalschichtung (Diagramm 3c)

Die Schichtdiagramme unterscheiden sich deutlich von denen des Schottergefüges. Vor allem sind die Prozente der Besetzungsdichte höher als bei den Geröllmessungen, was darauf schließen läßt, daß das Einfallen und die Einfallsrichtung der einzelnen Schichten sehr ähnlich sind. Ihr Einfallen ist meist sehr gering.

Die maximale Besetzungsdichte setzt sich aus über 60% der Horizontalschichtmessungen zusammen. Ihre durchschnittliche Neigung beträgt nur 3° , ihre maximale Neigung 7° . Die steilste Neigung aller Messungen ist 15° . Die Einfallstendenz, S 45° W, ist aber im Diagramm eindeutig zu erkennen.

Wie in der vorhergehenden Beschreibung über die Entstehung der Horizontalschichtung zum Ausdruck gebracht, fallen die Schichtoberflächen fast immer senkrecht zur Fließrichtung ein. Also kann der Stromstrich festgestellt werden, indem eine Senkrechte zur Schichtneigung gezogen wird. Allerdings kann man aus dem Diagramm der Horizontalschichtung allein nicht die Fließrichtung feststellen. Erst der Vergleich des Diagramms der Horizontalschichtung mit den Diagrammen der A-Achsen und AB-Ebenen ergibt eine eindeutige Schüttungsrichtung nach NW. Diese Richtung der Horizontalschichtung von N 45° W unterscheidet sich nur um 15° von der Lage des Hauptmaximums der A-Achsen; der Winkelunterschied zwischen N 45° W und der Schüttungsrichtung, die aus dem Diagramm der AB-Ebenen ermittelt wurde, beträgt 35° .

a5) Die Kreuzschichtung (Diagramm 3d)

Die im Aufschluß über mehr als 30 m verfolgbare, 2 m mächtige Sandbank enthält ausgeprägte und leicht meßbare Kreuzschichtung. Die Meßdaten der Kreuzschichtung zeigen, ebenso wie die der Horizontalschichtung, ein kompaktes und geschlossenes Diagramm. Das allgemeine Einfallen dieser Schichten ist etwas steiler als die Neigung der Horizontalschichtung. Im Feld der maximalen Besetzungsdichte erreichten die Werte bis zu 12° ; die extreme Neigung beträgt 18° .

Aus dem Diagramm kann die Schüttungsrichtung abgelesen werden. Sie beträgt N 30° W und stimmt folglich mit den Ergebnissen der Diagramme 3a, b und c überein.

a6) Die Sedimentationsbedingungen

Es steht jetzt fest, daß der SVS, der heute in den Aufschlüssen ENE Gangkofen ansteht, von ca. S 30° E nach N 30° W geschüttet wurde. Die AB-Ebenen zeigen jedoch eine nach N gerichtete 20°ige Abweichung von dieser Richtung. Dieser Winkelunterschied ist sehr gering und kann deshalb außer acht gelassen werden. Die Horizontalschichten zeigen nur eine 15°ige, westliche Abweichung von der mit N 30° W gefundenen Richtung der A-Achsen und der Kreuzschichtung. Allerdings wurden die meisten Horizontalschichtmessungen oberhalb der 2 m mächtigen Sandbank in dem kleineren Schotter durchgeführt. Es liegt im Bereich des Möglichen, daß sich die allgemeine Schüttungsrichtung nach der Ablagerung der Sandbank etwas nach Westen verschob.

Um einen Einblick in die Transport- und Sedimentationsbedingungen zur Zeit der Schotterablagerung zu gewinnen, muß das Diagramm der A-Achsen noch einmal betrachtet werden. Das Hauptmaximum zeigt, daß die überwiegende Mehrzahl der Gerölle parallel zur Schüttung eingeregelt ist. Da es sich hier um einen sehr groben Schotter handelt, ist eine allmähliche Abnahme der Wasserführung herauszulesen. Bei einer rapiden Abnahme hätten nicht so viele der gröberen Gerölle Zeit gehabt, sich parallel zur Stromrichtung zu orientieren.

b) Aufschluß Nr. 6 - SVS (Tafel 4, Diagramm a-c)

b1) Aufschlußbeschreibung

Aufschluß Nr. 6 ist für den SVS typisch; er ist in seiner Ausbildung wie Aufschluß Nr. 3. Daher wird die Beschreibung des Aufschlusses Nr. 6 nur kurz zusammengefaßt wiedergegeben. Kreuzschichtung kommt in diesem Aufschluß nicht vor.

Kiesgrube 0,38 km N Hinterholzen; GBl. Arnstorf 7442 (r 49 900;

n 74 660); HdB. = 420 m NN; 15 m hoch, 60 m lang und 10 m breit; Richtung des Aufschlusseschnittes = S 15° E - N 15° W.

Profil:

435 - 425 m NN ---- Mittelgrobkies: M = 2,2 cm, K = 9,22 cm, K-S Wert = 2,5; Wechsellagerung charakteristisch. Zwischen 420 - 425 m NN zeigt sich eine plötzliche Abnahme der Geröllgrößen. Zwischen 425 - 430 m NN werden die Gerölle wieder größer.
425 - 420 m NN ---- Grobkies: M = 2,7 cm, K = 12,61 cm, K-S Wert = 3,5; Wechsellagerung vorherrschend.

b2) Die A-Achsen (Diagramm 4a)

In diesem Diagramm erscheinen nur zwei Zonen mit Maxima >6%, die senkrecht zueinander stehen; die dominierende Zone besteht aus zwei Bereichen maximaler Besetzungsdichte und verläuft in einer N 20° W-lichen Richtung. Die Gerölle dieser Bereiche fallen sowohl nach N als auch nach S ein und haben eine durchschnittliche Neigung von ca. 9°. Die zweite Zone hat eine Richtung von N 70° E-S 70° W und besteht nur aus einem Maximum. Die Gerölle dieser Gruppe liegen sehr flach; die durchschnittliche Neigung beträgt ca. 4°. Zwei nebeneinander liegende Bereiche kleinerer Besetzungsdichte befinden sich genau in der Mitte zwischen den zwei Zonen maximaler Besetzungsdichte. Sie fallen mit einer durchschnittlichen Neigung von 5° nach WNW ein.

b3) Die AB-Ebenen (Diagramm 4b)

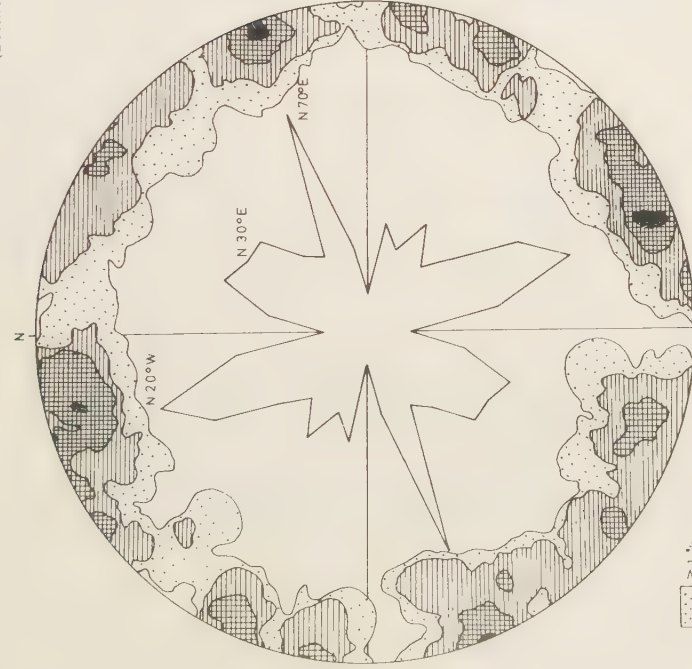
Die größten Geröllquerschnitte fallen überwiegend nach SE ein und haben eine Neigung zwischen 1 und 18°. Sie weisen auf eine nordwestliche Schüttungsrichtung hin. Die Mittelpunkte der zwei Maxima liegen bei S 55° E und deuten deswegen auf eine N 55° W-liche Richtung hin. Verhältnismäßig viele Gerölle sind in die Schüttungsrichtung geneigt. Auch im Diagramm 4b ist eine deutliche Ausdehnung der kleineren Belegdichten nach NE und SW zu erkennen.

b4) Die Horizontalschichtung (Diagramm 4c)

Aus dem Diagramm ist zu erschen, daß die Schichten schwach aber

TAFEL 4 Aufschluß Nr. 6

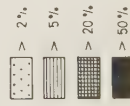
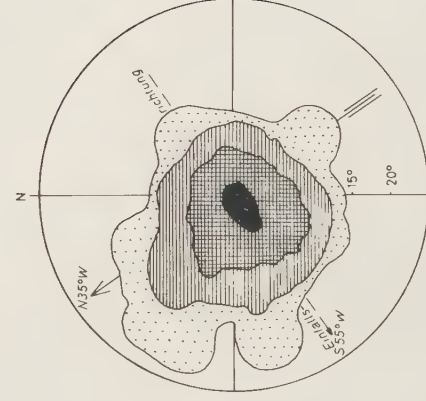
Schüttungsrichtung N 35° W
(Zeichenerklärung s. Tafel 3)



Diagr. 4a A-Achsen
200 Messungen



Diagr. 4b AB-Ebenen
200 Messungen



Diagr. 4c Horizontalschichtung
100 Messungen

deutlich nach S 35° W einfallen. Die Neigung der maximalen Belegdichte bewegt sich zwischen 0 und 6° , und die größte Neigung beträgt 18° (Bereich der 2%igen Belegdichte). Die aus den Messungen in der Horizontalschichtung ermittelte Schüttungsrichtung von N 35° W liegt zwischen der Richtung des größten Maximums der A-Achsen mit N 20° W und der Schüttungsrichtung von N 55° W, die durch die AB-Ebenen ermittelt wurde.

b5) Die Sedimentationsbedingungen

Da die Messungen der Horizontalschichtung im gesamten Aufschluß durchgeführt werden konnten, kann man aus ihnen in Verbindung mit den Diagrammen der A-Achsen und der AB-Ebenen die Schüttungsrichtung eindeutig erkennen. Die Schüttungsrichtung halbiert fast genau den Winkel zwischen den Schüttungsrichtungen aus den Diagrammen 4a und 4b. Die Schüttung erfolgte also nach ca. N 35° W.

Die Ablagerungsbedingungen in diesem Aufschluß entsprechen denen des Aufschlusses Nr. 3 und werden deswegen hier nicht nochmals besprochen.

c) Aufschluß Nr. 13 - HGS (Tafel 5, Diagramm a-d)

c1) Aufschlußbeschreibung

Im Gegensatz zu den vorigen Aufschlüssen ist Aufschluß Nr. 13 ein gutes Beispiel für den Kleinkies der HGS. Die Diagramme unterscheiden sich wesentlich von denen des SVS.

Kiesgrube 0,38 km SSE Kranzberg; GBl. Wurmannsquick 7642 (r 55 230; h 57 550); HdB. = 430 m NN, 12 m hoch und 50 m lang; Richtung des Aufschlußschnittes = N 40° W - S 40° E.

Profil:

- 442 - 435 m NN ---- Hauptsächlich mittelgrober Sand und Sandeinschaltungen mit zum Teil ausgeprägter Kreuzschichtung. Kleinkies ($M = 1,0$ cm), locker gepackt, kommt nur in vereinzelt, dünnen Linsen vor.
- 435 - 430 m NN ---- Kleinkies: $M_m = 1,2$ cm, $K_m = 4,443$ cm, K-S Wert = 1,7; locker gepackt; häufig dünne Sandeinschaltungen.

c2) Die A-Achsen (Diagramm 5a)

Es gibt im Diagramm zwei Bereiche maximaler Besetzungsdichte $> 8\%$. Der größere Bereich liegt genau im Westen und der etwas kleinere bei $N 50^\circ W$. Beide Bereiche bilden miteinander einen Winkel von 40° . Die Neigung der Gerölle dieser Bereiche beträgt ca. 11° und entspricht der des SVS. Auf Grund der vorhergehenden Auswertungen der Diagramme kann man aus Diagramm 5a eine Schüttungsrichtung von W, E, NW oder SE für den Bereich dieses Aufschlusses annehmen. Allerdings zeigt die Richtungsrose, daß die A-Achsen der Gerölle nicht einheitlich zur Schüttungsrichtung eingeregelt sind.

c3) Die AB-Ebenen (Diagramm 5b)

Alle Besetzungsdichten weisen auf eine Neigung der AB-Ebenen nach W und daher auf eine Schüttungsrichtung nach $N 80^\circ E$. Mit einem Winkelunterschied von nur 10° stimmt diese ermittelte Richtung mit der Richtung der nach E-W gerichteten A-Achsen des Diagramms 5a überein. Auch die Neigung der AB-Ebenen der Gerölle dieses feingekörnten Schotters zeigen ähnliche Werte wie die AB-Ebenen der Gerölle des Grobschotters. Das Maximum zeigt Neigungen zwischen 3 und 21° . Die durchschnittliche Neigung aller gemessenen Querschnitte beträgt ca. 20° , die extreme Neigung 68° .

Das einheitliche und geschlossene Bild des Diagramms ist bedingt durch den hohen Sandgehalt ($K-S$ Wert = $1,7$) und die sehr gute Sortierung ($So = 1,80$) des Schotters. Die Gerölle berühren sich nur selten, sie haben sich also, im Vergleich zum SVS, bei ihrer Einregelung gegenseitig nur wenig beeinflusst.

c4) Die Horizontalschichtung (Diagramm 5c)

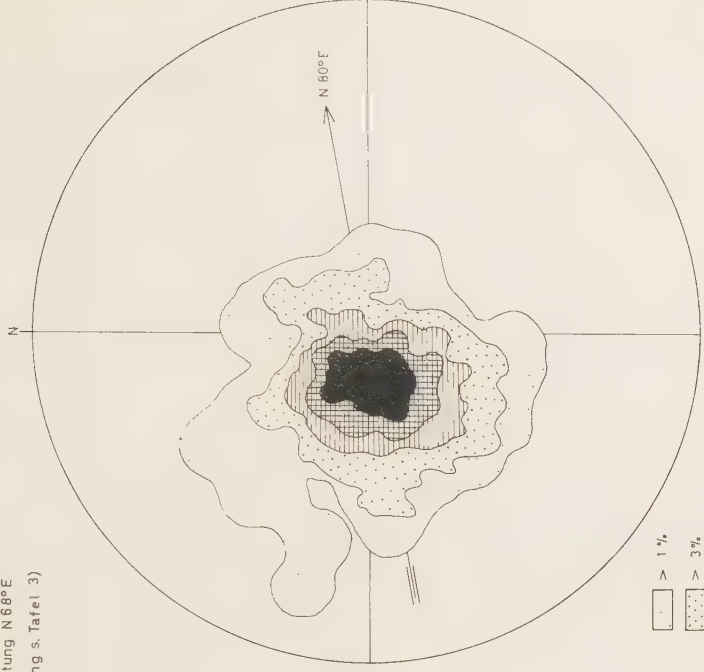
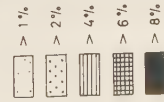
Die Ergebnisse der Messungen der Horizontalschichtung der HGS lassen sich kaum von denen des SVS unterscheiden. Auch in der HGS sind die Diagramme einheitlich und geschlossen, und die Neigung der individuellen Schichtblätter ist meistens gering. Das Feld der maximalen Besetzungsdichte in Diagramm 5c stellt über

TAFEL 5 Aufschluß Nr. 13

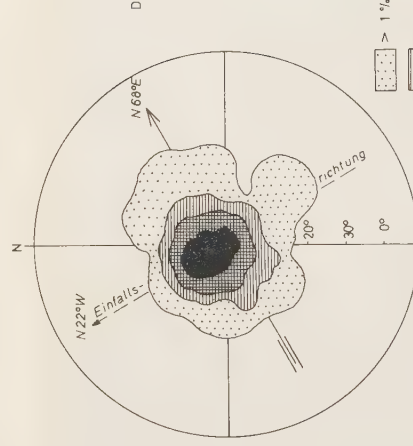
Schüttungsrichtung N68°E
(Zeichenerklärung s. Tafel 3)



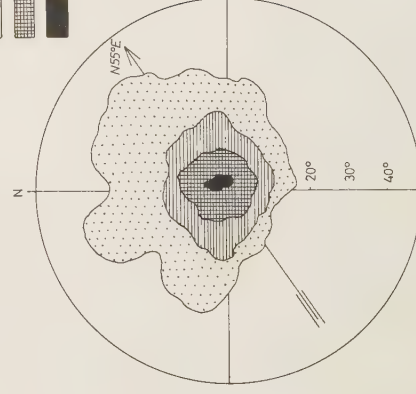
Diagr. 5a A-Achsen
200 Messungen



Diagr. 5b AB-Ebenen
200 Messungen



Diagr. 5c Horizontalschichtung
50 Messungen



Diagr. 5d Kreuzschichtung
100 Messungen

40% der Messungen dar. Die drei kleineren Besetzungsdichtefelder liegen zum Hauptmaximum konzentrisch; das deutet auf eine allgemein flache Neigung der Schichten hin. Im Bereich des Maximums sind die Schichtneigungen in der Größenordnung von 0° bis 11° ; die größte Schichtneigung beträgt 18° . Die Schichten fallen nach N 22° W; die Senkrechte dazu weist, in Verbindung mit den Diagrammen der A-Achsen und der AB-Ebenen, auf eine Schüttungsrichtung nach N 68° E. Diese Richtung stimmt fast genau mit der von den AB-Ebenen ermittelten Schüttungsrichtung überein. Der Winkelunterschied ist nur 12° .

c5) Die Kreuzschichtung (Diagramm 5d)

Die kreuzgeschichteten Sandlinsen sind meistens sehr dünn und überschreiten selten eine Mächtigkeit von 50 cm. Eisen-Mangan-Krusten lassen die zum Teil sehr feine Schichtung deutlich hervortreten und erleichtern ihr Einmessen.

Die Schichten zeigen eine äußerst flache Neigung (ca. 3°) in Richtung N 55° E. Im Bereich der maximalen Besetzungsdichte zeigen sich nur kleinere Neigungen zwischen 1 und 5° . Der extreme Wert, der 1%igen Belegdichte entnommen, beträgt 30° .

Die aus der Kreuzschichtung ermittelte Schüttungsrichtung ist N 55° E; jene aus der Horizontalschichtung ermittelte ist N 68° E. Diese zwei Richtungen bilden miteinander einen Winkelunterschied von nur 13° .

c6) Die Sedimentationsbedingungen

Die Schüttungsrichtung von N 68° E kann also eindeutig festgestellt werden. Da die Messungen der Horizontalschichtung, im Gegensatz zu denen der Kreuzschichtung, gleichmäßiger im Aufschluß verteilt sind, und weil die Ergebnisse der Horizontalschichtung ungefähr das Mittel zwischen denen der Kreuzschichtung und der AB-Ebenen bildet, ist die ermittelte Schüttungsrichtung der Horizontalschichtung als die Schüttungsrichtung des hier anstehenden Schotters zu erkennen.

Aus dem Diagramm der A-Achsen ist zu bemerken, daß keines der Maxima parallel zur Schüttungsrichtung steht, sondern daß sie diagonal bzw. senkrecht dazu liegen. Im allgemeinen aber zeigen die Gerölle eine weitgehende Streuung. Diese Erscheinung führt, zusammen mit der Ausbildung des Aufschlusses (rasche, wechselhafte Übereinanderlagerung von Kleinkies und Sandeinschaltungen ohne Übergänge), zum Schluß, daß die Ablagerung der individuellen Schüttungskörper sehr rasch erfolgte. Die Wasserführung nahm so schnell ab, daß die A-Achsen nicht genügend Gelegenheit hatten, sich parallel zur Schüttungsrichtung einzuordnen. Die Lage der Gerölle aber weist deutlich auf die Tendenz zur Einordnung parallel zur Schüttungsrichtung.

1) Aufschluß Nr. 18 - HGS (Tafel 6, Diagramm a-c)

11) Aufschlußbeschreibung

Kiesgrube 0,75 km S Gern; GB1. Wurmansquick 7642 (r58 080; h 62 520); MdB. = 430 m NN, 11 m hoch, ca. 60 m lang; Richtung des Aufschlußschnittes = N 5° W - S 50° E.

Profil:

441 - 439 m NN ---- Sandiger Lehm

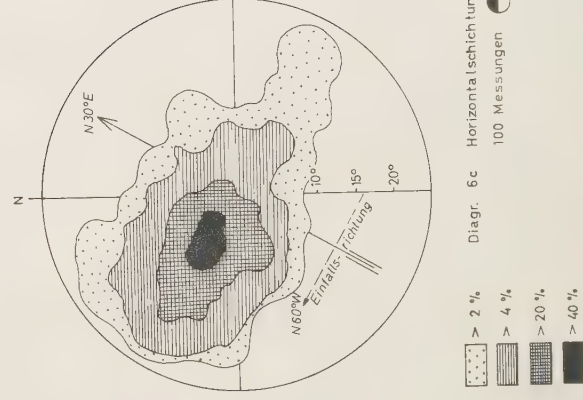
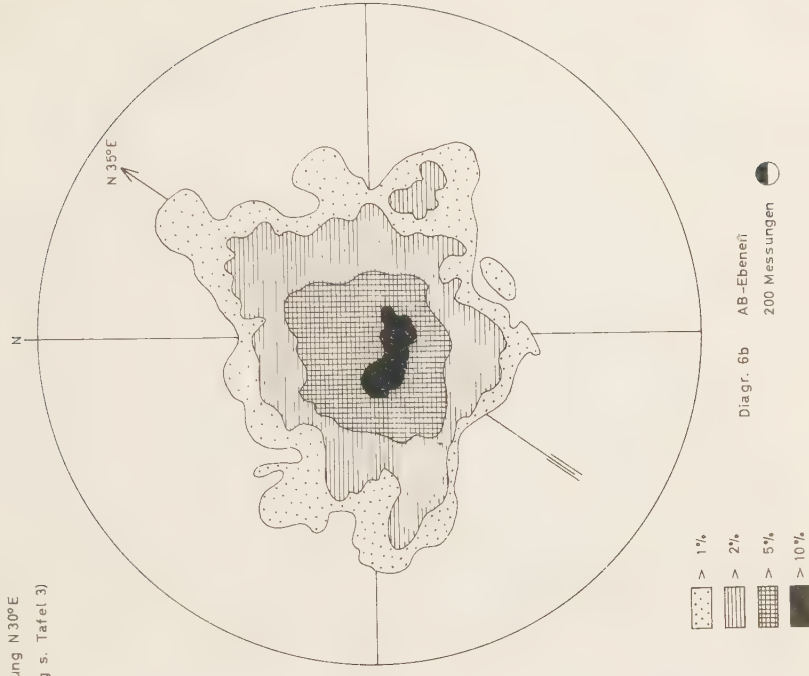
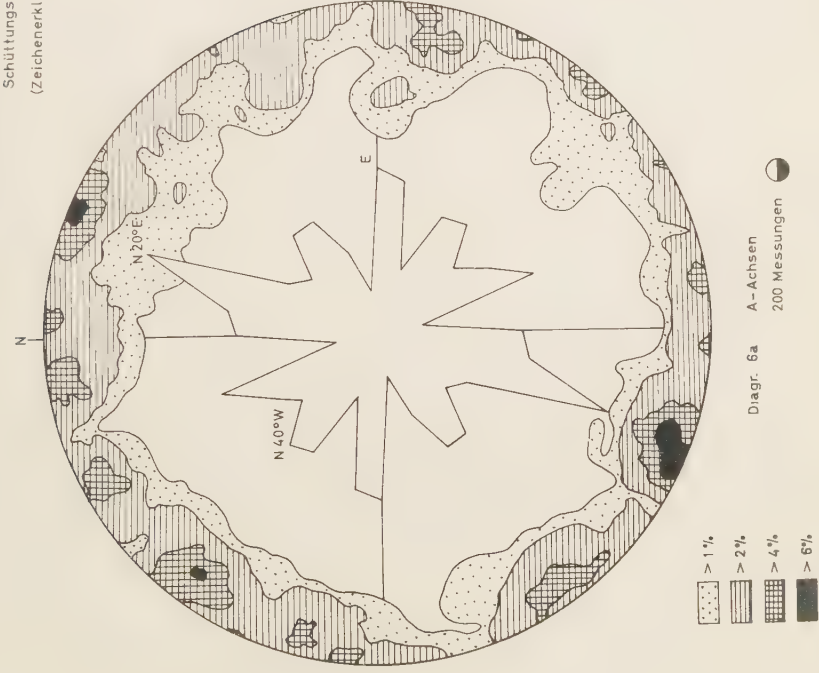
439 - 430 m NN ---- Kies: $M_m = 1,2$ cm, $K_m = 4,43$ cm, K-S Wert = 1,7. Häufige Sandeinschaltungen (max. Länge ca. 20 m, max. Mächtigkeit = 50 cm). Horizontalschichtung ausgeprägt. Karbonat-Gerölle sind selten und kommen nur stellenweise vor (max. Größe = $4,5 \times 2 \times 2$ cm). Konglomeratvorkommen bei 435 m NN (Länge ca. 5 m, Mächtigkeit = 1,5 m).

d2) Die A-Achsen (Diagramm 6a)_

Das Bild der A-Achsen des Aufschlusses Nr. 18 ist den vorhergehenden A-Achsen-Diagrammen sehr ähnlich. Es zeigt wiederum zwei senkrecht zueinander liegende Felder maximaler Besetzungsdichte. Das Hauptmaximum (N 20° E - S 20° W) liegt am Rande der Lagenkugel. Die Gerölle liegen also zum größten Teil horizontal. Das höchste Einfallen des Maximums beträgt 9° nach S. Das kleinere Maximum bei N 40° W zeigt eine durchschnittliche Neigung von 12°. Die Gerölle der kleineren Besetzungsdichten fallen auch verhält-

TAFEL 6 Aufschluß Nr. 18

Schüttungsrichtung N 30° E
(Zeichenerklärung s. Tafel 3)



nismäßig flach ein. Die maximale Neigung aber beträgt 32° bei $S 85^{\circ} E$.

d3) Die AB-Ebenen (Diagramm 6b)

Aus dem Diagramm erkennt man, wie die Orientierung der größten Geröllquerschnitte mit der bevorzugten NNE - SSW Richtung der A-Achsen übereinstimmt. Der Bereich der maximalen Besetzungsdichte der AB-Ebenen fällt nach SSW ein, und, typisch für die AB-Ebenen, neigen sich die Gerölle des Maximums nicht mehr als 15° . Eine verhältnismäßig große Anzahl der Gerölle fällt allerdings auch in die entgegengesetzte Richtung, also nach WNW, ein. Das maximale Einfallen der AB-Ebenen beträgt 55° . Eine deutliche E-W Ausdehnung der 1 und 2.igen Besetzungsdichten ist ebenfalls zu beobachten. Da die Gerölle dieses Aufschlusses ziemlich dicht gepackt sind, kann die steile Neigung der AB-Ebenen durch eine gegenseitige Beeinflussung der Gerölle bei der Einregelung hervorgerufen worden sein.

Auch in diesem Aufschluß bildet die $N 25^{\circ} E$ Richtung der AB-Ebenen mit dem größten Bereich maximaler Besetzungsdichte der A-Achsen einen fast bedeutungslosen Winkelunterschied von 15° . Diese Ähnlichkeit deutet auf eine allgemeine Kippung der AB-Ebenen gegen die Schüttungsrichtung hin.

d4) Die Horizontalschichtung (Diagramm 6c)

Das Diagramm zeigt auch hier ein konzentrisches und geschlossenes Bild. Das Maximum weist auf ein etwas stärkeres Einfallen als das normale (minimales Einfallen = 6° ; maximales Einfallen = 9°). Die Schichten neigen sich hauptsächlich nach WNW. Da die kleineren Belegdichtefelder vorwiegend in diese Richtung einfallen, stellt das Diagramm einen idealen Fall für die Erfassung nur einer Seite eines Schüttungskörpers dar. Offensichtlich sind die Schüttungskörper so gelagert, bzw. der Aufschlußschnitt so angebracht, daß fast ausschließlich die WSW-Seiten exponiert wurden. Nur einige Ausnahmen, die in die entgegengesetzte Richtung einfallen, kommen

vor, und zwar in den 2 und 4%igen Besetzungsdichtefeldern. Sie neigen sich jedoch auch senkrecht zur Schüttungsrichtung.

Die Senkrechte zur Einfallsrichtung der Schichten fällt fast zusammen mit der Schüttungsrichtung, die aus den Diagrammen der A-Achsen und AB-Ebenen ermittelt wurde. Die Winkeldifferenz beträgt dabei nur 10 bzw. 5°.

d5) Die Sedimentationsbedingungen

Auch im Falle des Aufschlusses Nr. 18 wurde die Schüttungsrichtung aus der Horizontalschichtung bestimmt. Sie bildet, wie bei den bis jetzt besprochenen Aufschlüssen, das Mittel zwischen jenen Schüttungsrichtungen, die aus den Diagrammen der A-Achsen und AB-Ebenen gefunden wurden. Dabei weisen die geringen Neigungen der A-Achsen, sowie die senkrechte Orientierung des kleineren Feldes maximaler Besetzungsdichte und die verhältnismäßig weite Streuung der AB-Ebenen auf eine geringe und kurzfristige Wasserführung.

e) Aufschluß Nr. 17 - HGS (Tafel 7, Diagramm a)

e1) Aufschlußbeschreibung

Sandgrube 0,25 km E Laimbichl; GBl. Wurmannsquick 7642 (r 60 360; h 57 200); HdB. = 475 m NN, 6 m hoch, 60 m lang; Richtung des Aufschlußschnittes = N 70° E - S 70° W.

Profil:

481 - 475 m NN ---- Sand: überwiegend 0,5 - 2,0 mm, mit nur vereinzelten, nur wenige Millimeter dicken Kleinkiebschnüren. Weit verbreitete und ausgeprägte Kreuzschichtung. Karbonate fehlen.

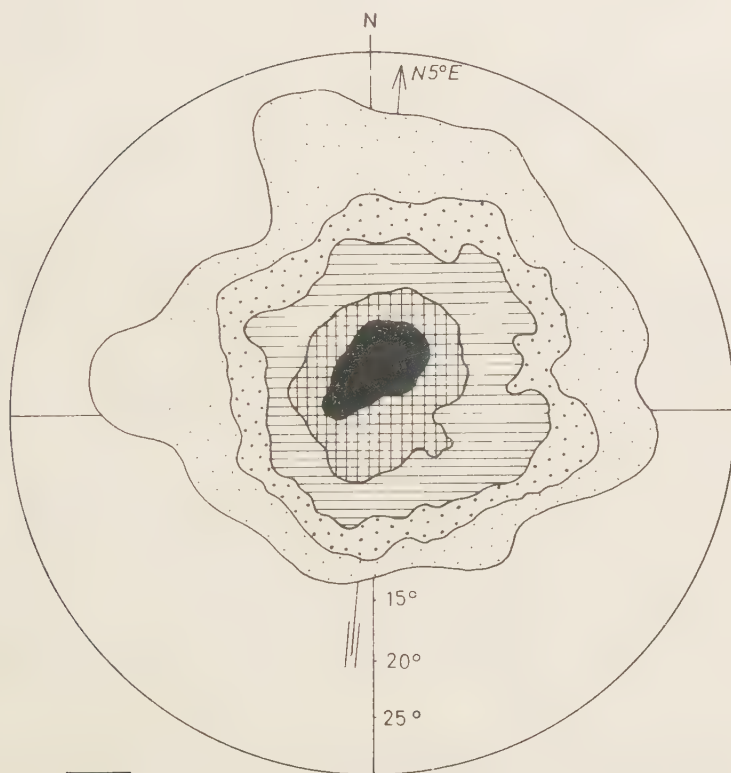
e2) Die Kreuzschichtung (Diagramm 7a)

Das Diagramm veranschaulicht, wie die Schüttungsrichtung für ein ausschließlich kreuzgeschichtetes Sediment durch zahlreiche Einzelmessungen dieser Kreuzschichtung ermittelt werden kann. Es handelt sich dabei um einen Aufschluß, in dem nur kreuzgeschich-

TAFEL 7 Aufschluß Nr. 17

Schüttungsrichtung N5°E

(Zeichenerklärung s. Tafel 3)



 > 1%

 > 5%

 > 10%

 > 20%

 > 30%

Diagr. 7a Kreuzschichtung

200 Messungen



tete Sandlagen anstehen, die bei der Feldbeobachtung keinerlei vorherrschende Einfallrichtung erkennen lassen.

Im Diagramm erkennt man ein schwaches aber deutliches Einfallen der Schichten nach N, das im Bereich der maximalen Besetzungsdichte bis 6° beträgt. In dem Bereich der l $\frac{1}{2}$ igen Besetzungsdichte liegt die größte Neigung bei 24° . Dieser verhältnismäßig hohe Wert deutet darauf hin, daß die Messungen an den Leeseiten der Schüttungskörper vorgenommen wurden, die im Aufschluß auch als solche zu erkennen sind.

Die vorherrschende Strömungsrichtung zur Zeit der Entstehung der Kreuzschichtung liegt deutlich bei ca. N 5° E - S 5° W.

e3) Die Sedimentationsbedingungen

Nach früheren Bearbeitern, u.a. H. ILLIES (1949), nimmt der Fallwinkel der Kreuzschichtung bei steigender Turbulenz des Flusses ab, d.h. er wird mit erhöhter Fließgeschwindigkeit kleiner. Die einzelnen Schichtblätter zeigen im Diagramm ein Einfallen von 2 bis 24° . Für den gesamten Schotterverband ist das durchschnittliche Einfallen 8° . Unter Bezug auf ILLIES darf angenommen werden, daß dieser verhältnismäßig niedrige Fallwinkel auf eine starke Wasserführung schließen läßt. Auf jeden Fall wäre die Schüttung genügend stark gewesen, um auch Schotter heranzuführen. Da aber hier, wie auch in den zahlreichen Aufschlüssen der weiteren Umgebung in gleicher oder größerer Höhenlage, kein Kies vorkommt, muß man annehmen, daß am Ende der Schüttung der HGS in diesem Gebiet nur noch sandiges Material zum Transport bereit stand.

4. Die Auswertung der Gefügediagramme des gesamten Gebietes

Der folgende Teil der Abhandlung bezieht sich auf die Auswertung der 128 Diagramme des gesamten Arbeitsgebietes. Im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Sammeldiagrammen wurden die Ergebnisse

Tabelle 11: Beziehung zwischen Anzahl und Lage der Besetzungsdichtemaxima und der Schüttungsrichtung

Nr.	Einheit	SR	Anzahl und Lage der Besetzungsdichtemaxima							
			A-Achsen				AB-Ebenen			
			0°	90°	180°	d	0°	180°	q	z
1	SVS	N 45°W	2	2	3	1	1	1	-	1
2	SVS	N 20°W	-	4	-	1	2	-	3	-
3	SVS	N 35°W	-	3	1	-	-	2	1	-
4	HGS	N 26°E	1	-	-	-	1	1	-	-
5	HGS	N 25°W	-	2	1	1	1	1	1	-
6	SVS	N 30°W	-	2	1	-	-	1	1	-
7	HGS	N 50°W	-	2	2	-	-	1	2	-
8	SVS	N 2°E	-	3	2	1	-	3	-	-
9	HGS	N 30°W	-	1	1	1	2	-	3	-
10	SVS	N 10°W	1	2	-	-	1	-	2	-
11a	HGS	N 80°W	-	1	2	-	-	-	-	-
11b	SVS	N 70°W	-	1	-	-	-	2	1	-
12	HGS	N 65°W	-	1	3	1	1	2	1	-
13	HGS	N 30°E	-	2	-	1	-	2	1	-
14	HGS	N 45°W	-	2	1	-	1	3	2	-
15	HGS	N 40°W	-	2	3	-	-	1	1	1
16	HGS	N 52°W	-	-	2	1	-	-	2	-
17	HGS	N 5°E	-	-	-	-	-	-	-	-
18	HGS	N 30°E	1	1	1	-	1	2	1	-
19	HGS	N 10°E	-	1	2	1	1	1	-	1
20	HGS	N 60°E	-	2	2	-	-	2	1	-
21	HGS	N 40°E	-	-	1	-	-	1	-	-
22a	HGS	N 35°E	-	1	-	-	1	1	-	-
22b	SVS	N 25°E	2	-	-	4	2	-	1	-
23	SVS	N 45°W	1	3	-	-	2	1	3	-
24	HGS	N 25°W	-	1	1	-	1	-	2	-
25	HGS	N 5°E	-	-	-	-	-	-	-	-
26	HGS	N 50°W	-	3	1	-	-	1	-	-
Gesamtsumme			8	42	30	13	18	29	29	3
Anteil in %			9	45	32	14	23	37	37	3
Summe (HGS)			2	22	23	6	10	19	17	2
Anteil in %			4	41	43	12	21	40	35	4
Summe (SVS)			6	20	7	7	8	10	12	1
Anteil in %			14	50	18	10	26	32	39	3

Nr. = Nummer des Aufschlusses

HSch = Horizontalschichtung

SR = Schüttungsrichtung

KSch = Kreuzschichtung

A-Achsen:

0° = Einregelung parallel zur und Neigung mit der Schüttungsrichtung

90° = Einregelung senkrecht zur Schüttungsrichtung

180° = Einregelung parallel zur und Neigung gegen die Schüttungsrichtung

d = Diagonale Lage zur Schüttungsrichtung

AB-Ebenen:

0° = Neigung mit der Schüttung

180° = Neigung gegen die Schüttung

q = Querlage zur Schüttungsrichtung

z = Horizontale Lage

Schichtmessungen:

0° = Neigung mit der Schüttung

90° = Einfallsrichtung senkrecht zur Schüttungsrichtung

180° = Neigung gegen die Schüttung

der einzelnen Aufschlüsse aus Einzeldiagrammen mit maximal 100 Meßpunkten bestimmt. Aus den Einzeldiagrammen kann man am besten die örtlichen Veränderungen der Schüttungsrichtung und der Schüttungsbedingungen erkennen. Um das für diese Arbeit wichtige Verhältnis der einzelnen Gefügeelemente zueinander zu übersehen, wurden die Daten aller Diagramme des Verbreitungsgebietes in Tabelle 11 (s.S. 72) eingetragen. Die Tabelle gibt die Schüttungsrichtung für die einzelnen Aufschlüsse an. Sie gibt für jede Schüttungsrichtung die zugehörige Anzahl und Lage der Besetzungsdichtemaxima an, und dies sowohl für die A-Achsen, wie auch für die AB-Ebenen, die Horizontalschichtung und für die Kreuzschichtung.

a) Die Geröllorientierung

Tabelle 11 zeigt, daß 9% der A-Achsen parallel zur Schüttungsrichtung liegen und mit der Schüttungsrichtung einfallen, und daß außerdem 32% parallel zur Schüttungsrichtung liegen, jedoch gegen sie einfallen. Insgesamt also liegen 41% der A-Achsen parallel zur Schüttungsrichtung. Die restlichen 59% der A-Achsen liegen senkrecht (45%) oder diagonal (14%) dazu.

Bei den AB-Ebenen überwiegen die gegen die Schüttungsrichtung geneigten und die quer dazu einfallenden Ebenen mit je 37%. 23% der größten Geröllquerschnitte sind mit der Strömung geneigt und nur 3% fallen so flach ein, daß man eine Schüttungsrichtung nicht bestimmen kann. Die AB-Ebenen, die gegen die Schüttungsrichtung (37%) sowie mit der Schüttungsrichtung (23%) geneigt sind, haben eine Einfallsrichtung parallel zur Schüttung.

Nachdem die stabilste Lage der größten Geröllquerschnitte eine schwach gegen die Schüttung geneigte Stellung ist (s.S.24), erhebt sich die Frage, warum viele der AB-Ebenen mit der Schüttungsrichtung einfallen. Dieses Problem erklärt L. B. RUCHIN (1958) so: "...Bei der Bildung von Gesteinswällen am Boden des Wasserlaufs rutschen sie (die Gerölle, Anm.d.Verf.) oft an der steilen Oberfläche einer abfallenden Stelle des Grundes ab und nehmen

eine mit dem Strom fallende Neigung an". Nach RUCHIN ist es für Gebirgsflüsse typisch, daß nahezu die gleiche Anzahl von Geröllen sowohl mit der Schüttungsrichtung als auch gegen die Schüttungsrichtung geneigt sind; in Flüssen des Gebirgsvorlandes aber fallen die Gerölle in der Regel gegen die Schüttungsrichtung ein, eine Tatsache, die auch aus dem Vergleich der Daten der AB-Ebenen in Tabelle 11 mit der Verteilung und Höhenlage der Aufschlüsse in Abb. 6 (s.S. 35a) zu erkennen ist. Mit zunehmender Entfernung von dem alpinen Herkunftsgebiet nämlich nimmt die Anzahl der Gerölle, die mit der Strömung einfallen, merklich ab.

Die Orientierung der Gerölle kann schließlich noch, wie RUCHIN ebenfalls feststellt, von der Neigung der gewölbten Sedimentationskörper beeinflußt werden, wobei sich die Gerölle nach der Strommitte zu neigen können. Außer den bereits besprochenen Ausrichtungsvorgängen (s.S. 57/58) haben sicherlich solche gewölbten Schüttungskörper auch einen gewissen Einfluß auf die Orientierung der quer zur Schüttungsrichtung liegenden Gerölle, die mit 37% verhältnismäßig häufig sind.

al) Die Abhängigkeit der Geröllorientierung von den Stoffeigenschaften

Wie schon SUTTER (1962) bei seinen Untersuchungen im Nördlichen Vollschotter Ostniederbayerns feststellte, hängt die Geröllorientierung wesentlich von den Stoffeigenschaften des Schotters ab. Bei Vorkommen mit einem hohen K-S Wert, d.h. bei geringem Gehalt an Sandzwischenmittel, bevorzugen die langen Geröllachsen die Querlage zur Stromrichtung, während die größten Geröllquerschnitte meistens gegen die Stromrichtung geneigt sind. Es handelt sich dabei hauptsächlich um Schotter mit einem beträchtlichen Gehalt an grobem Kies. In Aufschlüssen, in denen es möglich war, auf Grund eines breiten Körnungsbandes verschiedene Korngruppen auszuscheiden, wurden die Gerölle (wie in der Salzach und in der Isen) in drei Kategorien unterteilt: 1-4 cm, 4-8 cm und > 8 cm. Jede Korngrößengruppe wurde für sich getrennt im Polnetz projiziert, und es konnte beobachtet werden, wie sich Größe und Orientierung zu-

einander verhalten. Meist sind es die A-Achsen der Gerölle zwischen 4-8 cm, die parallel zur Schüttungsrichtung eingeregelt sind. Die Gerölle > 8 cm dagegen werden im allgemeinen am wenigsten von den Einregelungsvorgängen beeinflusst: sie bleiben in der Hauptsache senkrecht oder fast senkrecht zur Schüttungsrichtung liegen. Die Gerölle der kleinsten Größengruppe 1-4 cm zeigen im allgemeinen die größte Streuung.

Die größten Querschnitte der Gerölle > 8 cm, sowie der Gerölle zwischen 4 und 8 cm sind mit nur wenigen Ausnahmen gegen die Schüttungsrichtung geneigt. Die AB-Ebenen der kleinsten Gerölle zeigen keine einheitliche Orientierung und sind im Vergleich zu den größten Geröllen steil geneigt.

In Vorkommen mit niedrigem K-S Wert, d.h. mit einem hohen Anteil an Sandzwischenmittel, handelt es sich hauptsächlich um Kleinschotter der HGS, bei dem eine Einstufung der Gerölle nach Größengruppen nicht mehr möglich ist. Die Kleinschottervorkommen zeigen jedoch meistens gute bis sehr gute Sortierung, sodaß Geröllgrößenuntersuchungen hier unzweckmäßig gewesen wären.

Eine wichtige Rolle für die Orientierung der Gerölle spielt auch die Geröllform. Die A-Achsen der tafeligen und stengeligen Gerölle neigen mehr zu einer Orientierung quer zur Strömung als die scheiben- und kugelförmigen, die schneller von den Einregelungsvorgängen beeinflusst werden. Eine Beziehung zwischen der Neigung der A-Achsen und der Geröllform konnte aber nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Abgesehen von den kleinsten Geröllen in dicht gepackten Schottern, die stets am steilsten geneigt sind, sind es überwiegend die flachen, d.h. die scheibenähnlichen und tafeligen Gerölle, die die höchsten Neigungsbeträge aufweisen.

Eine Beziehung zwischen der Geröllorientierung und der Abrundung konnte nicht gefunden werden.

b) Die Schichtorientierung

Es ist aus Tabelle 11 (s.S. 72) zu erkennen, daß die Diagramme der Horizontal- und Kreuzschichtung im ganzen Verbreitungsgebiet unverändert bleiben. In SVS und in der HGS neigen sich die Horizontalschichten mit nur zwei Ausnahmen senkrecht zur Schüttungsrichtung. Die Kreuzschichten neigen sich immer mit der Schüttung. In den Diagrammen erscheint immer nur ein Bereich maximaler Besetzungsdichte und die kleineren Besetzungsdichtefelder bleiben stets konzentrisch und geschlossen. Die durchschnittliche Schichtneigung der Horizontalschichtung und der Kreuzschichtung übersteigt selten $8 - 12^{\circ}$. Bei der Horizontalschichtung gibt es in zwei Fällen (Aufschlüsse Nr. 2 und 14) Maxima, die äußerst schwach in Schüttungsrichtung geneigt sind. Im Verhältnis zu dieser Neigung fallen die senkrecht zur Schüttungsrichtung liegenden Seiten der Schüttungskörper sehr flach ein. Es ist daraus zu entnehmen, daß es sich um außergewöhnlich breite und flache Schüttungskörper handelt, die mit dem Gefälle der transportierenden Flüsse geneigt sind.

E. Vergleich über die Schüttungsrichtung des SVS und der HGS

1. Allgemeines

Im Hinblick auf die Aufgabe dieser Arbeit, den SVS und die HGS mit Hilfe gefügekundlicher Daten zu trennen, sind folgende Fragen von Interesse:

- 1.) Wie unterscheiden sich die Gefügediagramme des SVS von denen der HGS?
- 2.) Welche Sedimentationsbedingungen herrschten bei der Ablagerung des SVS und bei der Ablagerung der HGS?
- 3.) Lassen sich Unterschiede in der allgemeinen Schüttungsrichtung von SVS und HGS erkennen? (Es wäre nämlich denkbar, daß

mit abnehmender Wasserführung am Ende der Schüttung des SVS die Zubringer der feineren HGS sich neue Schüttungswege zum Molassebecken suchten, umsomehr als K. SUTTER (1962) eine solche Richtungsänderung zwischen dem größeren Nördlichen Vollschoffer und seinen feineren, hangenden Partien feststellen konnte.)

Zur Diskussion dieser Fragen mußten die Gefügediagramme der beiden Schichtglieder getrennt untersucht werden, und zwar die Anzahl und Lage der maximalen Besetzungsdichten der Diagramme der A-Achsen und der AB-Ebenen. Wie aus Tabelle 11 ersichtlich, sind die Diagramme der Horizontal- und Kreuzschichtung des SVS und der HGS nicht zu unterscheiden.

2. Unterschiede der Geröllorientierung des SVS und der HGS

Man erkennt aus Tabelle 11, daß im SVS die senkrechte Lage der A-Achsen weit vorherrscht. 50% aller Besetzungsdichtemaxima nehmen diese Lage ein, während nur 32% (14% in die Schüttungsrichtung geneigt; 18% gegen die Schüttungsrichtung geneigt) parallel zur Schüttungsrichtung ausgerichtet sind. Diagonal zur Schüttungsrichtung gelagert, also weder parallel noch senkrecht dazu, sind 18% aller A-Achsen-Maxima des SVS.

Bei den AB-Ebenen überwiegen bei weitem diejenigen Maxima, die mit der, bzw. gegen die Schüttung geneigt sind. 32% fallen gegen die Schüttungsrichtung ein, während sich 26% mit der Schüttung neigen. 39% liegen quer und 3% zu flach, um eine Richtung bestimmen zu können.

Die Geröllgefügedaten der HGS-Diagramme erscheinen ebenfalls in Tabelle 11. Hier herrschen mit 47% (43% in die Schüttungsrichtung geneigt; 4% gegen die Schüttungsrichtung geneigt) die A-Achsen vor, die parallel zur Schüttungsrichtung ausgerichtet sind. 41% der A-Achsen liegen senkrecht zur Schüttungsrichtung und 12% der maximalen Besetzungsdichten liegen diagonal dazu.

Die vorherrschende Einfallsrichtung der AB-Ebenen ist parallel zur Schüttungsrichtung: 40% der Besetzungsdichtemaxima weisen auf eine Kippung der größten Geröllquerschnitte gegen die Schüttungsrichtung und 21% mit der Schüttungsrichtung. 35% der Maxima neigen sich quer zur Schüttung, während nur 4% so flach liegen, daß eine Schüttungsrichtung nicht festzustellen ist.

Die für den SVS und die HGS getrennt durchgeführte Auswertung der Geröllorientierung ergibt für die beiden Schottereinheiten verschiedene Resultate (s. Abb. 17 und 18, S. 78/79).

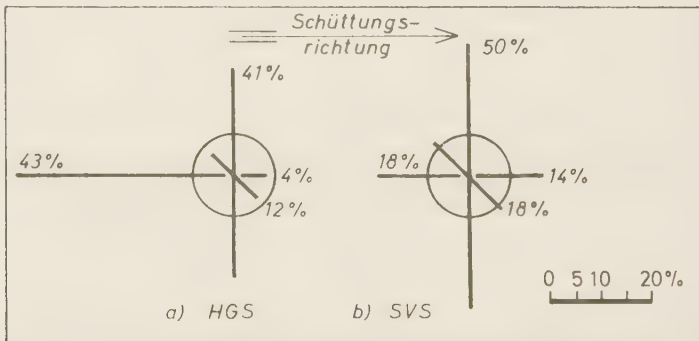


Abb. 17: Schematische Darstellung der Orientierung der A-Achsen der Gerölle des SVS (b) und der HGS (a)

HGS (Abb. 17a):

- 43% - Lage parallel zur Schüttungsrichtung, Neigung gegen die Schüttung
- 4% - Lage parallel zur Schüttungsrichtung, Neigung mit der Schüttung
- 41% - Lage senkrecht zur Schüttungsrichtung
- 12% - Lage diagonal zur Schüttungsrichtung

SVS (Abb. 17b):

- 18% - Lage parallel zur Schüttungsrichtung, Neigung gegen die Schüttung
- 14% - Lage parallel zur Schüttungsrichtung, Neigung mit der Schüttung
- 50% - Lage senkrecht zur Schüttungsrichtung
- 18% - Lage diagonal zur Schüttungsrichtung

Im SVS sind die A-Achsen der Gerölle überwiegend senkrecht zur

Schüttungsrichtung orientiert. In der HGS sind die A-Achsen der Gerölle überwiegend parallel zur Schüttungsrichtung orientiert. Fast die Hälfte der A-Achsen des SVS die parallel zur Schüttungsrichtung liegen sind mit der Schüttungsrichtung geneigt, während nur wenige A-Achsen der HGS-Gerölle mit der Schüttungsrichtung einfallen. Auch die diagonal zur Schüttungsrichtung liegenden A-Achsen sind im SVS häufiger als in der HGS.

Die Unterschiede zwischen der Orientierung der AB-Ebenen der Gerölle der HGS und des SVS sind nicht so ausgeprägt wie bei der

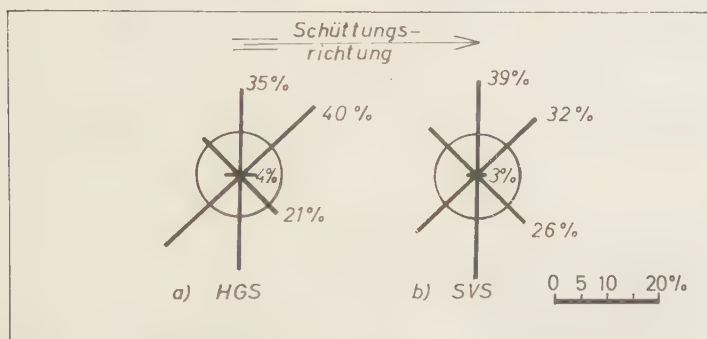


Abb. 18: Schematische Darstellung der Orientierung der AB-Ebenen der Gerölle des SVS (b) und der HGS (a)

HGS (Abb. 18a):

- 40% - Einfallen gegen die Schüttungsrichtung
- 21% - Einfallen mit der Schüttungsrichtung
- 35% - Einfallen quer zur Schüttungsrichtung
- 4% - Horizontale Lage

SVS (Abb. 18b):

- 32% - Einfallen gegen die Schüttungsrichtung
- 26% - Einfallen mit der Schüttungsrichtung
- 39% - Einfallen quer zur Schüttungsrichtung
- 3% - Horizontale Lage

Lage der A-Achsen. Wo aber im SVS die AB-Ebenen der Gerölle eine Querlage zur Schüttungsrichtung bevorzugen, dominiert in der HGS die Einfallsrichtung parallel zur Schüttung, und zwar mit einem Einfallen gegen die Schüttungsrichtung. Die AB-Ebenen der Gerölle

des SVS zeigen auch eine größere Tendenz zur Neigung mit der Schüttung als die der HGS.

3. Die Schüttungsrichtung des SVS und der HGS

Durch die Auswertung und den Vergleich aller Gefügedaten der einzelnen Aufschlüsse (s. Tabelle 11, S. 72 und Abb. 21, S. 81a) konnte für jeden der 26 untersuchten Aufschlüsse seine genaue Schüttungsrichtung bestimmt werden. Die Schüttungsrichtungen der einzelnen Vorkommen zusammengefaßt lassen die allgemeine Richtungstendenz erkennen (s. Abb. 19).

Die Abbildung zeigt, daß die Werte der Schüttungsrichtung der untersuchten Schotter sich ausschließlich auf die Nordhälfte des

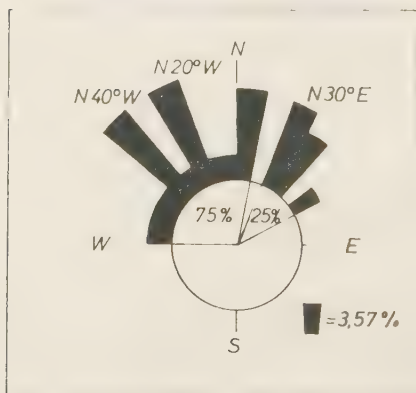


Abb. 19:

Schematische Darstellung der allgemeinen Schüttungsrichtung der untersuchten Schotter (SVS und HGS zusammengefaßt)

Richtungskreises beschränken, ein Beweis für die alpine Herkunft der Schotter. 75% der Schottervorkommen zeigen Schüttungsrichtungen nach N bis NW, während 25% deutlich auf eine NE-liche Richtung hinweisen.

Die vergleichende Betrachtung der Ergebnisse über die Schüttungsrichtung des SVS und der HGS zeigt einen deutlichen Unterschied

zwischen den Schüttungsrichtungen der beiden Einheiten (s. Abb. 20). Während man beim SVS fast ausschließlich eine Schüttungsrichtung nach N bis NW feststellen kann, lassen 52% der HGS-Vorkommen eine Richtung nach NW und 48% eine Richtung nach N bis NE erkennen.

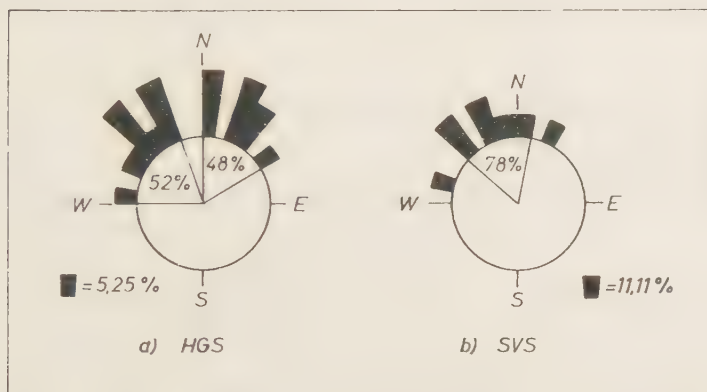


Abb. 20: Schematische Darstellung der Schüttungsrichtung des SVS (b) und der HGS (a)

Im gesamten Verbreitungsraum haben alle Vorkommen unter 430 m NN eine Schüttungsrichtung nach N bis NW. Zwischen 430 - 440 m NN zeigen die Aufschlüsse eine Schüttungsrichtung nach NNE bis NE; ausgenommen davon ist Aufschluß Nr. 9 im E des Untersuchungsgebietes, der bei 432 m NN eine Schüttungsrichtung von N 30° W aufweist. Über 440 m NN herrscht wieder eine Schüttungsrichtung nach N bis W vor, mit Ausnahme der Aufschlüsse Nr. 19 (Rottgebiet, 465 m NN) und Nr. 22 (Oberösterreich, 500 m NN), die eine Schüttungsrichtung nach NNE - NE erkennen lassen.

Aus der Betrachtung der Schüttungsrichtung der einzelnen Vorkommen in Abhängigkeit von ihrer Lage im Vertikalprofil ist zu ersehen, daß der gesamte SVS ausschließlich nach N bis NW geschüttet wurde. Auch zu Beginn der Schüttung der HGS wurden noch etwa 5 m des Sediments in N- bis NW-licher Richtung abgelagert. Dann

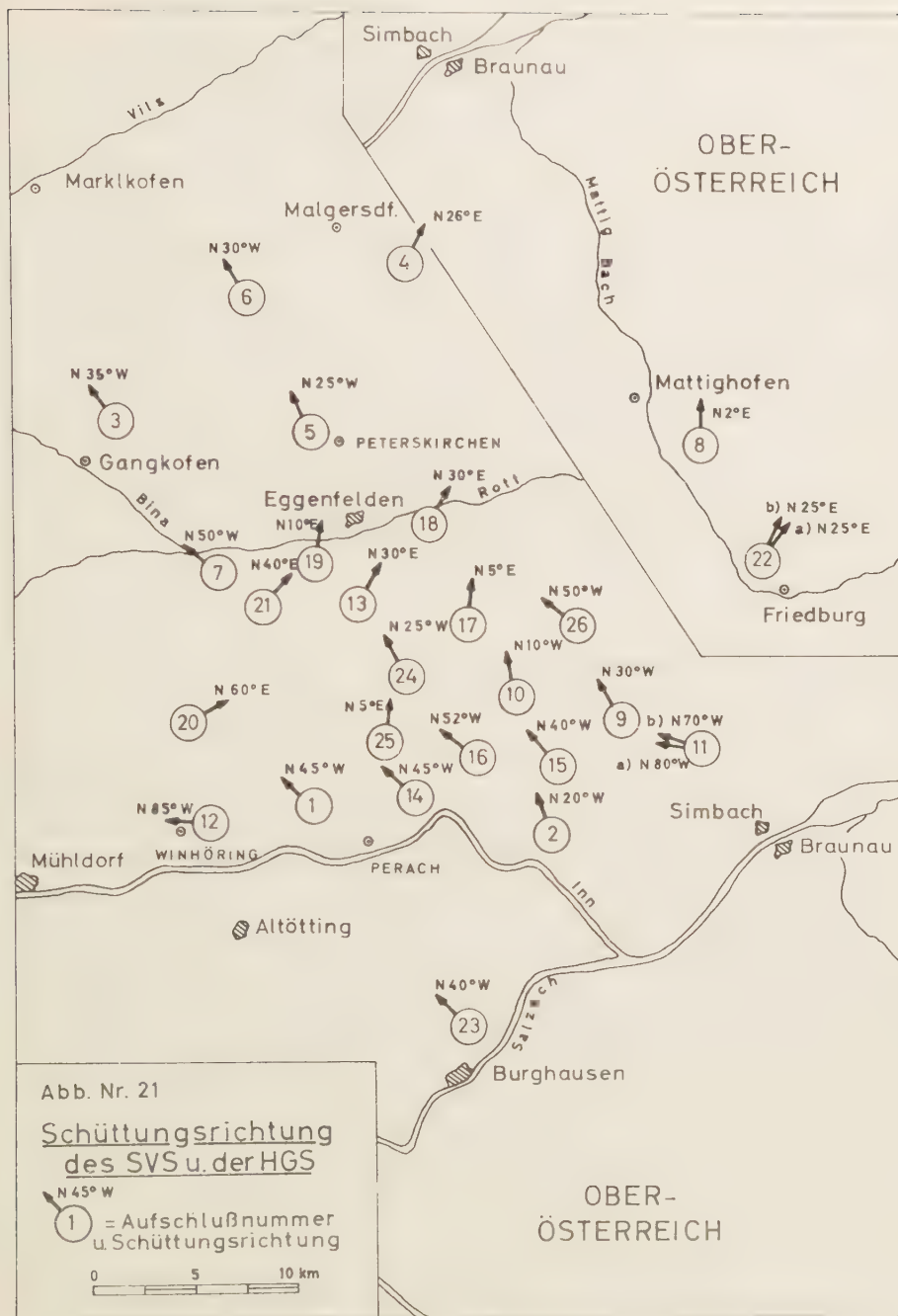
folgt etwa 10 m HGS, die eine deutliche, allgemeine Schüttungsrichtung nach NE zeigt. Die wenigen Ausnahmen zu dieser NE-Richtung beruhen offensichtlich auf örtlichen Abweichungen der allgemeinen Richtungstendenz. Nach der Ablagerung der 10 m HGS erkennt man nochmals eine Änderung der Schüttungsrichtung, und zwar nach NW bis W. Diese Richtung wurde bis zum Ende des Schüttungszyklus beibehalten.

4. Die Schüttungsbedingungen für den SVS und die HGS

An Hand der Geröllorientierung kann man zuverlässige Aussagen machen, wie die Schotter herangeführt und abgelagert wurden.

Die Korngefügediagramme des SVS zeigen, daß die A-Achsen der Gerölle bei weitem eine Lage senkrecht zur Schüttungsrichtung bevorzugen. Nur wenige A-Achsen sind parallel zur Schüttungsrichtung ausgerichtet. Der größte Teil der A-Achsen behält nahezu seine ursprüngliche Lage im Flußbett bei, d.h. senkrecht zur Schüttungsrichtung, ohne wesentliche Beeinflussung durch spätere Ausrichtungsvorgänge. Auch die relativ verstreute Lage der AB-Ebenen weist deutlich darauf hin, daß die Gerölle vorwiegend ihre erste Ruhelage beibehielten (s. Abb. 18, S. 79). Diese Tatsache, sowie die ausschließlich kiesige Ausbildung des SVS, weisen darauf hin, daß die Wasserführung zur Zeit der SVS-Ablagerungen nach Menge und Geschwindigkeit rasch wechselte.

Die Gerölle sind im allgemeinen nicht sehr groß, selbst die maximalen Geröllgrößen überschreiten nicht den Wert von $K = 12,88$ cm. Man darf also annehmen, daß die transportierenden Medien in der Hauptsache große Bäche bis kleine Flüsse waren, etwa von der Grösse der Isen ($K = 13,0$ cm, s.S. 26). Kennzeichnend für diese Zubringer der Schotter der Oberen Süßwassermolasse Ostniederbayerns waren periodische, jeweils kurz andauernde aber starke Hochwasserführungen. Die Hochwasser gingen dann so rasch zurück, daß die Gerölle nur wenig Gelegenheit zur Einregelung parallel zur Schüttungsrichtung und zur Kippung gegen die Strömung hatten.



Im Schichtstoß der HGS waren die Verhältnisse während und nach der Ablagerung, d.h. bis zur endgültigen Orientierung der Gerölle, anders als im Schichtstoß des SVS. Die HGS-Gerölle sind im Gegensatz zu denen des SVS vorwiegend parallel zur Schüttungsrichtung eingeordnet.

Die Zubringer der HGS-Sedimente zeigen noch stärkere Schwankungen der Wasserführung als die Zubringer des SVS. Die oft beträchtliche Ausdehnung und Mächtigkeit der aus Kies und vor allem Sand bestehenden Schüttungskörper und die Ausbildung von kreuzgeschichteten Paketen (s. Aufschluß Nr. 17, S. 70) weisen auf zeitweilig große Wassermengen hin. Die Ströme waren während der Schüttung der HGS aber wahrscheinlich nie größer als zur Zeit der SVS-Schüttung. Der Unterschied zwischen ihren Hoch- und Normalwasserständen war jedoch bedeutend größer. Darüber hinaus weist die gute Einregelung der HGS-Gerölle auf einen wesentlich langsameren Rückgang des Hochwassers als während der Zeit der SVS-Schüttung.

Die verhältnismäßig kleine Körnung der HGS ist also vielmehr auf die geringere Stromstärke bzw. Transportkraft zurückzuführen als auf die Größe der Zubringer.

Aus den Korngefügediagrammen ist also abzulesen, daß die Stromstärke während der Schüttung des SVS wesentlich größer war als während der Schüttung der HGS. Dies ist verständlich, wenn man bedenkt, daß das Molassebecken aufgefüllt und damit das Gefälle zwischen dem alpinen Liefergebiet und dem Molassebecken immer kleiner wurde. Dies erklärt auch das langsamere Abnehmen der Wasserführung nach den Hochwasserzeiten während der Schüttung der HGS. Was die Wassermenge anbelangt, so kann gesagt werden, daß sie während der Schüttung des SVS nicht wesentlich anders war als während der Ablagerung der HGS.

F. Schlußfolgerung

Auf Grund der Stoffeigenschaften war es möglich, den SVS und die HGS eindeutig zu trennen. Diese Trennung konnte durch die Untersuchungsergebnisse der Gefügeelemente der beiden Schichtglieder zusätzlich belegt werden. Aus den Resultaten der Korngefügediagramme sieht man vor allem, wie sich die Schüttungsvorgänge des SVS und der HGS voneinander unterscheiden.

Kurz zusammengefaßt ergibt sich folgender Vergleich über Medien und Stärke der Wasserführung während der Schüttung des SVS und der HGS:

	<u>SVS</u>	<u>HGS</u>
Transportierende Medien:	große Bäche bis kleine Flüsse	große Bäche bis kleine Flüsse
Wassermenge; Normalwasser: Hochwasser:	mäßig groß	gering groß
Stärke der Wasserführung:	groß	mäßig bis gering
Wechsel zwischen Hoch- und Normalwasserführung:	rasch ab- schwellend	langsam ab- schwellend

Betrachtet man die Ergebnisse der gefügekundlichen Untersuchungen der beiden Schotter in Zusammenhang mit ihren Stoffeigenschaften, so ist es auch möglich, die Lagerungsbeziehungen der HGS zum SVS zu klären.

Abgesehen von einigen örtlichen Mergel- und Tonvorkommen, die die SVS/HGS Grenze bilden, zeigen die Gefügediagramme aus dem Bereich der Grenze SVS/HGS wie die Transportkraft der Schotterzubringer mit zunehmender Auffüllung des Molassebeckens abnimmt, ohne daß Sedimentationsunterbrechungen auftreten. Im Gegenteil, fast überall geht die SVS-Schüttung mit einem fließenden Übergang in die Schüttung der HGS über. Es darf also gesagt werden, daß der SVS und die HGS trotz ihrer unterschiedlichen Ausbildung zu ein und demselben Schüttungszyklus gehören. Nach dieser Feststellung ist es nicht mehr angebracht, von zwei verschiedenen Schottereinheiten

- von dem Südlichen Vollschocter und der Hangendserie - zu sprechen. Auch die Bezeichnung "Hangendserie" ist als eigener, stratigraphischer Begriff irreführend; es ist zweckmäßiger, wie E. SCHAUERTE (1962) vorschlägt, den SVS und die HGS als einen Schotter zusammenzufassen und ihn als Schotter der "Peracher Serie" zu bezeichnen.

IV. Zusammenfassung

1. Die gefügekundlichen Untersuchungen des Südlichen Vollschocters (SVS) und der Hangendserie (HGS) beruhen auf der Anwendung der aktualistischen Methode. Durch Beobachtung der gegenwärtigen geologischen Vorgänge sollte der geologische Ablauf der Sedimentation des SVS und der HGS erklärt werden.

Als Grundlage für die Arbeit wurden die Gefügeelemente der Schotter von zwei rezenten Flüssen (Salzach und Isen) untersucht: Orientierung der Gerölle (Korngefüge) und Einfallen und Einfallsrichtung der Horizontal- und Kreuzschichtung (Schichtgefüge).

Die Ergebnisse dieser Gefügemessungen wurden sodann mit den Abflußbedingungen der Salzach und der Isen verglichen (erhalten von der Bayer. Landesstelle f. Gewässerkunde), um daraus etwaige Beziehungen zwischen dem Gefüge und den Transport- und Ablagerungsbedingungen festzustellen. Tatsächlich bestehen enge Beziehungen zwischen den gefundenen Korn- und Schichtgefügedaten und den Gestaltungsvorgängen im Fluß (Abflußbedingungen), und somit darf man die Methode der gefügekundlichen Analyse auch auf den SVS und die HGS anwenden.

2. In 26 Aufschlüssen des Südlichen Vollschocters bzw. der Hangendserie wurden gefügekundliche und sedimentpetrographische Untersuchungen angestellt.

Untersucht wurden die Stoffeigenschaften, d.h. die Korngrößenverteilung, die Korngrößen und die Korneigenschaften.

- a) Die Untersuchungsergebnisse der Korngrößenverteilung erlaubten die Bestimmung des Verhältnisses von Kies zu Sand zwischenmittel (K-S Wert), ausgedrückt als Gewichtsprozent, und die Erfassung der Sortierung (So) des Kies- und Sandanteils. K-S Wert und Sortierung gaben wichtige Hinweise über die örtlichen und regionalen Änderungen der Transportkraft der Schotter- bzw. Sandzubringer.

Der durchschnittliche K-S Wert des SVS beträgt 3,7, der der HGS 2,1. Der Kiesanteil des SVS bzw. der HGS ist also gut sortiert: So = 2,57 bzw. 2,30. Allerdings ist die HGS etwas besser sortiert als der SVS. Auf Grund der Sortierung des Sandanteils des SVS und der HGS konnte kein Unterschied festgestellt werden. Der durchschnittliche So-Wert beträgt für beide ca. 6,43; der Sandanteil ist also sehr schlecht sortiert. Die großen, kiesfreien Sandvorkommen des oberen Teils der HGS dagegen zeigen einen So-Wert von 1,38; sie sind also sehr gut sortiert.

- b) Durch die Bestimmung der maximalen Geröllgrößen (k) und der mittleren Korngrößen (M) erkennt man, wie sich die Korngröße des Kiesel des SVS bzw. der HGS im Vertikal- und Horizontalprofil ändert. Die maximalen Geröllgrößen des SVS ($K = 10,69$ cm) und der HGS ($K = 7,08$ cm) unterscheiden sich erheblich. Die unterschiedlichen mittleren Korngrößen-Werte (M) sind ebenfalls bemerkenswert: SVS - $M = 2,4$ cm, HGS - $M = 1,5$ cm.

- c) Außerdem wurden die Korneigenschaften (Geröllform und Geröllrundung) erfaßt, und es zeigte sich, daß die Geröllorientierung im Schotterverband von der Geröllform abhängt. Die im SVS und in der HGS vorherrschenden stengeligen (51%) und tafeligen (20%) Gerölle sind mit ihren Längsachsen vor-

wiegend quer zur Strömung orientiert, während die Längsachsen der scheiben- und kugelähnlichen Gerölle (14 bzw. 15%) meist parallel zur Strömung eingeregelt sind.

Die Gerölle des SVS und der HGS haben hauptsächlich gut gerundete Kanten und zeigen im allgemeinen nur noch Spuren der ursprünglichen Begrenzung.

3. a) Auf Grund der Untersuchungen der Stoffeigenschaften des SVS und der HGS ist es nun möglich, die Grenze des SVS gegen die HGS genau zu erfassen. Sie liegt in Oberösterreich, in jenem Bereich, der der alpinen distributiven Provinz näher ist, bei 510 m NN. Im Hauptverbreitungsgebiet des SVS und der HGS, zwischen Inn und Rott, liegt die Grenze bei 425 m NN, und im NW-lichsten Teil des Gebietes bei ca. 445 m NN.
- b) An Hand zahlreicher Messungen des Einfallens und der Einfallrichtung von Schichten, die ursprünglich horizontal in ruhigem Wasser abgelagert wurden, inzwischen aber eine Verkippung erfahren haben, konnte, in Verbindung mit den Untersuchungsergebnissen der Stoffeigenschaften, im W-Teil des Gebietes zwischen Inn und Rott ein Abtauchen der Grenze SVS/HGS mit 3° gegen SW festgestellt werden. Dieses Abtauchen ist auf tektonische Vorgänge zurückzuführen.
- c) Das sprunghafte Ansteigen der SVS/HGS Grenze längs einer N-S verlaufenden Linie zwischen Eggenfelden und Perach in der Mitte des Arbeitsgebietes, und das Ansteigen der SVS/HGS Grenze im Bina-Bachgebiet im NW des Untersuchungsraumes, sind ebenfalls auf tektonische Bewegungen zurückzuführen. Möglicherweise handelt es sich um Störungen, die in Verbindung mit dem Landshut-Neuöttinger-Abbruch stehen.

4. Die Gerölle des SVS sind überwiegend senkrecht zur Schüttungs-

richtung ihrer Zubringer orientiert; sie fallen hauptsächlich senkrecht zur Schüttungsrichtung ein.

Die Jerölle der HGS dagegen sind vorwiegend parallel zur Schüttungsrichtung eingeregelt und fallen hauptsächlich gegen die Schüttung ein.

Unterschiedliche Merkmale der Schichtgefüge des SVS und der HGS lassen sich nicht erkennen. Die Schichtflächen der Horizontalschichtung fallen fast ohne Ausnahme senkrecht zur Schüttungsrichtung ein. Die Schichtflächen der Kreuzschichtung neigen sich stets mit der Schüttung.

5. Die Schüttung des SVS erfolgte fast ausschließlich nach N bis NW, während die HGS drei deutliche Schüttungsphasen aufweist. Am Anfang der HGS-Schüttung behielten ihre Zubringer diese Richtung nach N - NW bei und schütteten so die ersten 5 m der HGS. Dann trat eine deutliche Richtungsänderung nach N bis NE ein, die im Hauptverbreitungsgebiet der HGS bis auf die Kote 430 bis 440 m NN zu erkennen ist. Über 440 m NN schwankt die Schüttungsrichtung der HGS nochmals in die alte NW-liche Richtung ein; teilweise geht sie sogar in eine westliche Richtung über.
6. Durch die vergleichende Betrachtung der Untersuchungsergebnisse der Stoffeigenschaften und der Gefügeanalyse lassen sich die Sedimentationsbedingungen bzw. die Paläographie des SVS und der HGS rekonstruieren. Größenmäßig sind die Zubringer des SVS und der HGS kaum zu unterscheiden. Es handelte sich in der Hauptsache um eine Unzahl von großen Bächen bis zu kleinen Flüssen, die ihren Lauf ständig veränderten. Sie waren etwa von der Größe der heutigen Isen. Allgemein gesehen dürfte die Wassermenge zur Zeit der SVS- und HGS-Schüttung allem Anschein nach ziemlich gleich gewesen sein.

Die durchschnittliche Transportkraft der Zubringer des SVS und der HGS zeigten jedoch wesentliche Unterschiede. Die Stromgeschwindigkeit während der Schüttung des SVS war im Verhältnis zu der der HGS-Schüttung relativ groß. Auch erfolgten die Übergänge von Hochwasser zur normalen Wasserführung bei dem SVS merklich rascher als während der Ablagerung der HGS. Diese Verhältnisse sind dadurch zu erklären, daß das Gefälle zwischen dem Herkunfts- und Ablagerungsgebiet durch das Auffüllen des Molassebeckens ständig abnahm.

7. Südlicher Vollsotter und Mangendserie gehören trotz ihrer unterschiedlichen Ausbildung zu ein und dem selben Schüttungszyklus. Es ist daher nicht richtig, von zwei verschiedenen Schottern, vom "Südlichen Vollsotter" und von der "Mangendserie", zu sprechen. Es ist zweckmäßiger, den SVS und die HGS als e i n e n Schotter zusammenzufassen, und ihn als Schotter der "Peracher Serie" zu bezeichnen.

ANHANG

Aufschlußverzeichnis

Nr.	Aufschluß bei	Blatt	r	h
1	Brandmühl	Altötting	53 220	48 270
2	Mannersdorf	Markt1	65 540	48 000
3	St. Nikola	Gangkofen	43 400	67 200
4	Döttenau	Arnstorf	57 680	74 520
5	Peterskirchen	Eggenfelden	55 200	66 820
6	Hinterholzen	Arnstorf	49 900	74 660
7	Unter Dietfurt	Wurmannsquick	48 260	61 140
8	Munderfing	Mattighofen, O.Ö.		
9	Leiten	Tann	68 700	53 300
10	Wiesmühle	Markt1	67 540	50 000
11	Piering	Tann	71 660	52 000
12	Ober Steinhöring	Mühldorf	50 040	47 840
13	Kranzberg	Wurmannsquick	55 230	57 550
14	Hasenberg	Altötting	58 280	49 460
15	Gumpersdorf	Markt1	65 000	49 140
16	Babing	Markt1	62 740	50 920
17	Laimbichl	Wurmannsquick	60 360	57 200
18	Gern	Eggenfelden	58 080	62 520
19	Untermaisbach	Wurmannsquick	53 620	59 840
20	Wald	Neumarkt-St.Veit	48 490	53 100
21	Hofau	Wurmannsquick	53 480	60 080
22	Friedburg	Mattighofen, O.Ö.		
23	Burghausen	Burghausen	62 000	38 240
24	Türkenholz	Wurmannsquick	58 460	54 440
25	Erlbach	Wurmannsquick	59 200	52 480
26	Walburgkirchen	Tann	65 820	57 220

Literaturverzeichnis

- ABERER, F.: Die Molassezone im westlichen Oberösterreich und in Salzburg. - Mitt. d. Geol. Ges. Wien, 50, 1957.
- BERINGER, C - MURAWSKI, H.: Geologisches Wörterbuch - Ferdinand Enke Verl., Stuttgart 1957
- BLISSENBACH, E.: Die jungtertiäre Grobschottererschüttung im Osten des bayerischen Molassetroges. - Geol. Jb. Beih. 26, Hannover 1957.
- BLÜMEL, G.: Geologische Untersuchungen auf Blatt Egenfelden 622 und Blatt Diepoldskirchen 569. - Dipl. Arb. Mskr., Univ. München 1962.
- BRINKMANN, R.: Geschichtete Gefüge in klastischen Sedimenten. - Geol. Rdsch. 43, H. 2, Stuttgart 1955.
- CROWELL, J. C.: Directional Current Structures from the Pre-Alpine Flysch, Switzerland. - Geol. Soc. Am., Bull. 66, New York 1955.
- DEHM, R.: Zur Gliederung der jungtertiären Molasse in Süddeutschland nach Säugetieren. - N. Jb. Geol. Pal. Mn., Stuttgart 1951.
- GRAUL, H. und WIESENEDER, H.: Schotteranalytische Untersuchungen im oberdeutschen Tertiärhügelland. - Abh. Bayer. Akad. Wiss. Math.-Phys. Kl. 46, 1939.
- GRIMM, W.-D.: Stratigraphische und Sedimentpetrographische Untersuchungen in der Oberen Süßwassermolasse zwischen Inn und Rott (Niederbayern). - Geol. Jb. Beih. 26, Hannover 1957.
- HEERMANN, O.: Bau und Erdölhoffigkeit des ostbayerischen Molassbeckens. - Erweiterte Fassung eines Vortrags, gehalten auf der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Mineralöl-wissenschaft und Kohlechemie, Essen, 8. Okt. 1954.
- HJULSTROM, F.: Recent Marine Sediments. - Am. Assoc. Petrol. Geol., 1939.
- KRUMBEIN, W. C.: Preferred Orientation of Pebbles in Sedimentary Deposits. - Journ. Geol., vol. 47, Chicago 1939.

- KRUMBELIN, W. C. und
PETTIJOHN, F. J.: Manual of Sedimentary Petrography. -
Appleton-Century-Crofts Inc., New York
1938.
- KRUMBELIN, W. C. und
SLOSS, L. L.: Stratigraphy and Sedimentation. - W. H.
Freeman and Co., San Francisco 1956.
- KÜRSTEN, M.: Zur Frage der Geröllorientierung in Fluß-
läufen. - Geol. Rdsch. 49, Stuttgart 1960.
- LAHEE, F. H.: Field Geology. - McGraw-Hill Book Co.,
inc., New York, Toronto, London 1952.
- LEMCKE, K. & ENGELHARDT,
W. von & FÜCHTBAUER, H.: Geologische und sedimentpetrographische
Untersuchungen im Westteil der ungefalteten
Molasse des Alpenvorlandes. - Geol. Jb.
Beih. 11, Hannover 1953.
- LUNT, C. K.: Erläuterung zur geologischen Karte von Bl.
Winhöring (650) und Bl. Eggenfelden (622). -
Dipl. Arb. Mskr., Univ. München 1961.
- MAYR, M.: Geologische Untersuchungen in der ungefalteten
Molasse im Bereich des unteren Inn. -
Geol. Jb. Beih. 26, Hannover 1957.
- McKEE, E. D. & WEIR, G. W.: Terminology for Stratigraphy in Sedimentary
Rocks. - Geol. Soc. Am., Bull. 64, New York
1953.
- MÜLLER, G.: Erläuterung zur geologischen Karte des
Gradabteilungsblattes 7441 Gangkofen/Nie-
derbayern M - 1:25000 und sedimentologi-
sche Untersuchungen an den dort anstehen-
den Lockergesteinen. - Dipl. Arb. Mskr.,
Univ. München 1963.
- NIEHOFF, W.: Die primär gerichteten Sedimentstrukturen,
insbesondere die Schrägschichtung im Kob-
lenzquarzit am Mittelrhein. - Geol. Rdsch.
47, Stuttgart 1958.
- PETTIJOHN, F. J.: Sedimentary Rocks. - Harper & Brothers,
New York 1949.
- PICARD, K.: Zur Auswertung der Kreuzschichtung in flu-
viatilen Sedimenten. - Geol. Rdsch. 41,
Stuttgart 1953.
- POHL, R. W.: Mechanik, Akustik und Wärmelehre. - Ber-
lin, Göttingen, Heidelberg 1955.
- POTTER, P. E. & SIEVER, R.: Sources of Basal Sediments in the Eastern
Interior Basin. - Journ. Geol., vol. 64,
Chicago 1956.

- RICHTER, K.: Ergebnisse und Auswertung der Gefügeforschung im pommerschen Diluvium. - Geol. Rdsch. 27, Stuttgart 1936.
- RUCHIN, L. B.: Grundzüge der Lithologie (Lehre von den Sedimentgesteinen). - Akad. Verl. Berlin 1958.
- RUSSEL, R. D. und TAYLOR, R. E.: Bibliography on Roundness and Shape of Sedimentary Particles. - Nat. Research Council, 1937.
- SANDER, B.: Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. - 1 und 2. - Wien (Springer) 1948/50.
- SCHAUERTE, E.: Die Geologie des Blattes Haidenburg und seiner Umgebung. - Inaug. Diss., Univ. München 1962.
- SCHLEICHER, F.: Taschenbuch für Bauingenieure. - 2, Springer Verlag OHG, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1955.
- STIEFEL, J.: Ein Beitrag zur Gliederung der oberen Süßwassermolasse in Niederbayern. - Geol. Jb. Beih. 26, Hannover 1957.
- SUTTER, K.: Gefügeanalytische Untersuchungen im Nördlichen Vollschotter der ungefalteten Molasse Niederbayerns. - Inaug. Diss., Univ. München 1962.
- WENTWORTH, C. K.: A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. - Journ. Geol., vol. 30, 1922.
- WURSTER, P.: Geometrie und Geologie von Kreuzschichtungskörpern. - Geol. Rdsch. 47, Stuttgart 1958.
- ZINGG, Th.: Beitrag zur Schotteranalyse. - Schweiz. Min. u. Pet. Mitt. 15, 1935.

Lebenslauf

Am 4. Mai 1933 wurde ich als Sohn des Geschäftsführer Daniel B. Lunt und seiner Ehefrau Helen, geb. Kelly, in Ipswich, Massachusetts, U.S.A. geboren.

Von 1939 bis 1947 besuchte ich die Public Schools in Ipswich, Mass. und von 1947 bis 1952 The Loomis Institute in Windsor, Connecticut, U.S.A., wo ich das "Diploma" erhielt.

Im Herbst 1952 begann ich mein Studium an der University of Virginia, Charlottesville, Virginia, U.S.A. Anfangs des Jahres 1953 trat ich in das U.S. Marine Corps ein, und diente als Infanterist in den Vereinigten Staaten und in Korea.

Im Wintersemester 1955/56 kehrte ich an die University of Virginia zurück und begann das Studium der Geologie. Im Juni 1958 erhielt ich dort mein Bachelor of Arts Degree in Geologie. Während dieser Studienzeit war ich beim U.S. Geological Survey als hydrologischer Assistent angestellt.

Im November 1958 setzte ich an der Universität München mein Geologiestudium fort, wo ich im Juli 1961 die Diplomhauptprüfung bestand.

Am 2. Juli 1957 heiratete ich in Ansbach/Mfr. Fräulein Ilse Maria Ullrich.

Meine akademischen Lehrer waren:

an der University of Virginia Messrs. BOTS, BROOKE, R. EDMUNDSON, GROSS, R. MITCHELL, W. NELSON, RECK, REED, E. ROBERTS, RUSK, C. WEISS und WELLS,

an der Universität München G. ANGENHEISTER, H. AUTRUM, R. DEHM, G. FISCHER, O. FÖRTSCH, H. HAGN, E. KRAUS, A. MAUCHER, G. IENZER, F. NEUMAIER, H.-J. SCHNEIDER, W. ZEIL,

an der Technischen Hochschule München H. BECKMANN und P. SCHMIDT-THOMÉ.

